APPLICATION

DE LA

PHOTOGRAPHIE

AUX LEVÉS MILITAIRES.

Paris. — Imprimerie de COSSE et J. DUMAINE, rue Christine, 2.

APPLICATION

DE LA

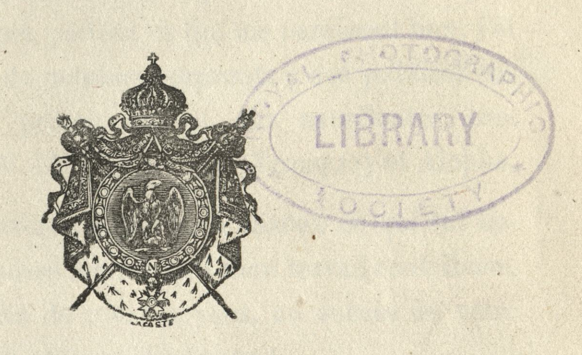
PHOTOGRAPHIE

AUX LEVÉS MILITAIRES

PAR

M. A. JOUART

Lieutenant au régiment d'artillerie monté de la garde impériale



PARIS

LIBRAIRIE MILITAIRE

J. DUMAINE, LIBRAIRE-ÉDITEUR DE L'EMPEREUR

Rue et passage Dauphine, 30,

et

LEIBER, Rue de Seine-Saint-Germain, 13.

—

1866

Mon cher Chevallier,

Vous savez comment ce petit travail a été fait; jamais il n'avait été destiné au public.

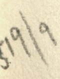
Vous me l'avez demandé, je vous l'envoie avec tous ses défauts, car c'est un simple travail d'école, une étude toute personnelle; et je dois reconnaître que, prenant un peu partout ce qui me paraissait bon, j'ai souvent fait de notables emprunts à des publications antérieures, principalement aux excellentes brochures de MM. D'Abbadie, Paté, Tronquoy et Alophe.

J'ai cru devoir rendre ici à chacun ce qui lui appartenait; puisse maintenant mon travail contribuer, dans la limite de mes moyens, au succès de votre appareil aussi utile qu'ingénieux!

Votre ami dévoué,

A. JOUART.

Versailles, 15 septembre 1866.



APPLICATION

DE LA PHOTOGRAPHIE

AU LEVÉ DES PLANS.

Le XIXe siècle a marqué sa place dans l'histoire du monde par trois grandes conquêtes de l'esprit humain sur la matière.

L'homme, réduit autrefois à ses propres forces pour soutenir sa lutte éternelle avec tout ce qui l'entoure, a su, depuis un demi-siècle, conquérir pour auxiliaires de sa toute-puissante volonté, trois agents mystérieux restés à peine entrevus et toujours inutiles depuis la création.

Par la *vapeur*, il a centuplé ses forces matérielles, triomphé de la résistance des éléments, changé toutes les conditions de l'industrie, du commerce et des relations internationales; il a préparé une révolution qui, en diminuant chaque jour la nécessité du travail physique, finira par ramener l'homme au seul travail de la pensée, travail auquel Dieu l'a prédestiné en le dotant de l'intelligence et de la raison.

Par l'*électricité*, non content de désarmer le vieil olympe de son tonnerre passé de mode, l'homme a donné à la transmission de sa pensée la rapidité de l'éclair et supprimé pour elle la distance; bientôt sous le souffle créateur de son génie, ce messager si

prompt, se transforme en orfévre habile, et les merveilles de la galvanoplastie défient le burin le plus délicat.

Par la *photographie* enfin, l'homme, asservissant l'agent le plus capricieux, le rayon de soleil lui-même, en fait à son gré un peintre, un sculpteur, un graveur, un géomètre. Cet art n'est encore qu'à ses premiers essais et déjà, par son passé si près de nous, par son présent rempli de progrès et de transformations merveilleuses, on peut prévoir le grand rôle que l'avenir lui réserve, le puissant concours qu'il est destiné à prêter aux études des sciences naturelles et physiques.

Pendant de longs siècles la guerre ne fut qu'une tuerie organisée; les armées, véritables avalanches humaines, s'élançaient droit devant elles, poussées par une force aveugle, brisant les obstacles sur leur route ou venant s'y briser elles-mêmes; puis peu à peu le chaos se débrouilla, la tactique arriva d'abord, puis les armes à feu et dès lors la guerre devint un art, une science qui embrasse toutes les autres ou plutôt qui les utilise toutes. A ce compte toute découverte importante doit avoir une influence plus ou moins directe sur l'art de la guerre; et c'est même là un fait tellement palpable qu'on ne saurait le nier de bonne foi. Tout le monde aujourd'hui, après les grands exemples de la Crimée et de l'Italie, comprend l'influence capitale de la vapeur dans les succès d'une armée envahissante; les chemins de fer et la marine

à vapeur font sa force pour une guerre lointaine, si bien que nos vieux bataillons, à peine débarqués sur les rivages du Mexique, maniaient avec une égale ardeur le fusil et la pioche pour construire le chemin de fer qui devait les mener à Mexico.

Nous chercherons aujourd'hui si la photographie peut rendre des services à l'armée, soit en temps de paix, soit en campagne. La question est depuis trop peu de temps agitée pour être déjà résolue complétement ; mais si nous ne pouvons arriver à une certitude, nous expliquerons au moins quelques-uns des instruments proposés pour exécuter les levés topographiques, bien sûrs que si ces premiers essais sont encore loin de la perfection, en attirant sur eux l'attention des officiers et des artistes, on ne saurait tarder à trouver une heureuse solution. Car si la topographie photographique est un champ à peine défriché, dont la fécondité nous ménage pour l'avenir de précieuses révélations, elle comporte déjà des résultats acquis assez remarquables et dignes d'intéresser la génération des jeunes officiers.

HISTORIQUE.

Assurément c'est à Niepce et à Daguerre que revient l'honneur d'avoir inventé la photographie, et la date scientifique de l'invention n'est autre que la date du mémoire présenté par Daguerre à l'Académie des sciences le 7 janvier 1839. Un autre mérite dont

on ne saurait trop louer Daguerre, c'est le désintéressement dont il a fait preuve en dotant immédiatement la science, l'art et le public des bénéfices de sa découverte. Les progrès rapides de la photographie sont dus à cette faculté laissée à tous de mettre en pratique les procédés nouveaux, de tenter des modifications, des perfectionnements. Au moment où l'artiste et le savant français inventaient le daguerréotype, un chimiste anglais, Fox-Talbot, inventait la photographie proprement dite au moyen de deux épreuves, l'une positive et l'autre négative, et toutes deux sur papier. Ce ne fut qu'en 1847 que M. Niepce de St-Victor, neveu de Niepce, imagina d'obtenir les négatifs sur verre. De ce jour la photographie exista véritablement, et on put prévoir qu'elle servirait de base à des instruments nouveaux; mais il s'est écoulé près de vingt ans avant qu'on l'ait appliquée au microscope pour étudier sur la terre l'infiniment petit, et au télescope pour saisir et noter au passage l'infiniment grand, dans les vastes profondeurs du ciel. La photographie géographique se place entre ces deux extrêmes, et la photographie topographique n'est qu'un cas particulier de cette dernière.

Dès l'origine de l'invention de Daguerre et de Niepce on put prévoir l'application possible de la photographie au levé des plans; Arago, en effet, disait en présentant le mémoire des inventeurs à la Chambre des députés en 1839 : « Les images photogra-
« phiques étant soumises dans leur formation aux

« règles de la géométrie, permettront, à l'aide d'un « petit nombre de données, de remonter aux di-« mensions exactes des parties les plus élevées, les « plus inaccessibles des édifices.... Nous pourrions, « par exemple, parler de quelques idées qu'on a eues « sur les moyens rapides d'investigation que le to-« pographe pourra emprunter à la photographie. » Et quelques jours après, parlant sur le même sujet, Gay-Lussac disait à la Chambre des pairs : « La « perspective du paysage de chaque objet est retracée « avec une exactitude mathématique ; aucun accident, « aucun trait même inaperçu n'échappe à l'œil et « au pinceau du nouveau peintre ; et comme trois à « quatre minutes suffisent à son œuvre, un champ « de bataille avec ses phases successives pourra être « relevé avec une perfection inaccessible à tout autre « moyen. »

Aussi cinq ans s'étaient à peine écoulés que M. Martens construisait un appareil panoramique pouvant donner un demi-tour d'horizon. Dès 1856, M. Chevallier chercha à faire de la chambre noire une véritable planchette capable de donner, sur une surface plane, un tour d'horizon complet, et à peine avait-il, en 1858, pris le brevet de son invention, que M. Porro proposa un appareil panoramique qu'il destinait spécialement à la topographie ; malheureusement les transformations qu'il fallait faire subir aux images pour en déduire le plan étaient si longues et si compliquées, que l'instrument ne fut jamais sé-

rieusement expérimenté. Enfin, en 1859, le commandant Laussedat, adaptant à la chambre noire ordinaire divers organes géodésiques, s'en servit pour exécuter plusieurs levés, et indiqua les avantages des vues photographiques sur celles que donne la chambre claire, à la condition, toutefois, qu'on fasse subir aux premières certaines corrections.

Tel est aujourd'hui l'état de la question.

Nous étudierons d'abord les appareils en eux-mêmes et pour l'exactitude des résultats qu'ils fournissent; puis, reprenant cette étude au point de vue militaire, nous chercherons les résultats utiles que la photographie peut nous donner en temps de paix et dans les diverses circonstances de la guerre. Comme nous ne voulons faire ici que de la topographie, nous laisserons soigneusement de côté tout ce qui est manipulations purement photographiques, les supposant toujours connues du lecteur, ou renvoyant pour ce sujet aux ouvrages spéciaux qu'on trouve partout. Notre travail se trouvera donc naturellement divisé en deux parties :

1° Appareils et procédés de transformation des images.

2° Applications militaires.

PREMIÈRE PARTIE.

APPAREIL DU COMMANDANT LAUSSEDAT.

La topographie actuelle s'exécute avec des instruments plus ou moins compliqués et embarrassants, suivant le degré de précision qu'on veut obtenir. Quelques-uns même, pour les levés très-exacts, sont de véritables instruments de précision qui ne peuvent être maniés que par des gens spéciaux très-expérimentés. Le commandant Laussedat s'est proposé de remplacer tous ces instruments par une simple chambre noire. La description de l'appareil ainsi que la discussion théorique et critique de ses propriétés a été donnée aussi complétement que possible par le commandant Laussedat lui-même, dans le dix-septième numéro du *Mémorial du Génie*. Cet ouvrage se trouve entre les mains d'un trop grand nombre d'officiers pour qu'il soit utile d'en parler ici. Nous n'aurions, du reste, rien à ajouter ou à retrancher au travail du savant professeur, dont nous avons autrefois suivi avec intérêt les cours à l'École polytechnique.

APPAREILS PHOTOGRAPHIQUES ORDINAIRES.

Il ne faudrait pas croire que l'appareil à grandes

dimensions dont nous venons de parler soit nécessaire pour obtenir de bons résultats ; sans doute il a plus de puissance optique et plus d'exactitude que les appareils photographiques ordinaires de dimension moyenne ; mais ces derniers peuvent également donner de bons résultats ; il suffit évidemment, pour opérer suivant les mêmes principes que plus haut, que l'appareil soit muni d'un niveau permettant de régler l'horizontalité de son axe optique. Nous ajouterons seulement que les quelques chances d'erreur que l'on a en plus, sont largement compensées par la facilité de se procurer ces appareils, leur prix relativement très-faible qui permet d'en avoir un grand nombre, et enfin la commodité de leur emploi à cause de leur simplicité et de leur petit volume. Nous avons vu, du reste, plusieurs levés de fortification exécutés de cette façon par M. le capitaine Carette, notre camarade ; nous indiquerons en quelques mots sa méthode, parce qu'elle donne une idée des moyens que l'on peut employer.

Cet officier se servait d'un petit appareil du commerce ayant 10 centimètres seulement de distance focale et donnant des images de 5 centimètres de côté : un simple petit niveau sphérique de 1 mètre de rayon, fixé sur la chambre, servait à rendre les images verticales, et pour marquer sur ces dernières les traces des deux plans vertical et horizontal de l'axe optique, le châssis portait quatre petites plaques percées d'un trou correspondant exactement aux

traces de ces plans. N'ayant pas de cercle divisé adapté à l'appareil, l'opérateur mesurait les angles au moyen d'un sextant de poche donnant une approximation suffisante pour les plans à $\frac{1}{5000}$ qu'on voulait obtenir. Les images étant très-petites, on ne tirait pas d'épreuves positives et on se servait directement du négatif pour obtenir les abscisses et les ordonnées des différents points de la perspective. Pour y arriver, le capitaine Carette employait un petit micromètre (*pl.* 2, *fig.* 1), formé d'une glace sur laquelle on avait tracé au diamant deux traits à angle droit et une série de traits parallèles espacés de demi-millimètre en demi-millimètre. En appliquant cette glace derrière le cliché, de façon à faire correspondre les traits à angle droit aux traces des plans optiques, il était facile de lire à la loupe et d'apprécier les longueurs cherchées.

Le capitaine Carette n'a pas cherché à faire avec cet appareil de levé topographique proprement dit, et nous verrons plus tard que c'est en effet une opération peu utile, à notre point vue. Il s'est borné à lever des fronts de fortification à des distances variant entre 600 et 1000 mètres : la planimétrie était suffisamment exacte ; mais le nivellement laissait un peu à désirer, à cause du court foyer de la lentille.

Ainsi donc les petits appareils peuvent encore donner des résultats satisfaisants ; ils ont même, dans certains cas, de grands avantages ; en effet, la finesse des glaces collodionnées permet d'agrandir beau-

coup les images, tout en leur conservant une netteté suffisante : les procédés d'agrandissement sont aujourd'hui très-perfectionnés, et d'un emploi simple et facile; bien qu'ils retardent naturellement la mise en œuvre des épreuves, il pourra souvent être avantageux d'en profiter pour réduire les dimensions des appareils des voyageurs et des militaires : pour les voyageurs cette utilité est incontestable, et pour les militaires elle sera toujours très-sérieuse quand on pourra opérer à loisir. Seulement il reste toujours bien entendu que, plus les appareils sont grands, plus on obtient de détails, et que, pour les épreuves de dimension moyenne, par exemple, des grandissements partiels donneront dans les objets éloignés une foule de détails qui disparaissent dans les épreuves plus petites.

Parmi les appareils de petite dimension, nous dirons quelques mots du *polyconographe Duboscq*, de la *chambre automatique de Bertsch*, et enfin, de l'*appareil Dubroni*.

POLYCONOGRAPHE DUBOSCQ.

Le polyconographe Duboscq a été imaginé de manière à permettre de prendre plusieurs vues successives sur la même glace sensible. Ces vues sont de très-petites dimensions, et par suite susceptibles d'agrandissement à volonté, vu leur grande netteté.

L'appareil se compose essentiellement d'un châssis

ordinaire pour glace sensible, dans lequel le volet tourné vers le paysage est armé intérieurement d'un double système de nervures rectangulaires qui viennent s'appliquer sur la glace, et la partager par le fait en quinze petites glaces partielles ; le volet est percé de quinze ouvertures correspondant aux carrés formés par les nervures et fermées par un double système de coulisses, de manière à ouvrir à volonté l'un des carrés. La petite chambre noire en cuivre portant l'objetif, se fixe par des crampons vis-à-vis l'une quelconque des fenêtres. On comprend, dès lors, comment on peut à volonté et successivement recueillir des images sur les quinze carrés de la glace sensible. Pour pointer l'appareil vers un objet déterminé, le châssis porte, extérieurement à sa partie supérieure, une glace dépolie placée exactement dans le prolongement de la glace sensible et sur laquelle peut s'accrocher la petite chambre noire ; la mise au point a du reste été réglée par construction, et on n'a pas à s'en occuper. Pour mettre l'appareil en station, on le fixe très-simplement sur un pied léger qui se replie et peut servir de canne. Tout cela occupe un très-petit volume, est d'une installation aussi simple que facile, et l'appareil peut être employé par des personnes à peu près étrangères à l'art photographique. M. Duboscq obtient ainsi de très-bons résultats avec le collodion sec au tannin, qui donne, dit-il, beaucoup de finesse ; on pourrait, d'après ce constructeur, faire préparer ses glaces d'avance, les

employer avec succès un mois ou deux après, et les replacer dans leur boîte pour ne les développer et les fixer que plus tard. Ce sont là des avantages sérieux, et qui méritent d'être étudiés de près.

CHAMBRE AUTOMATIQUE DE BERTSCH.

L'appareil de Bertsch est une chambre noire ordinaire que ses petites dimensions rendent très-facile à transporter et à employer : l'inventeur lui a donné le nom d'automatique parce que les positions respectives de la glace et de l'objectif sont fixes, et que par conséquent on n'a jamais à s'occuper de la mise au point qui se trouve faite automatiquement par l'appareil lui-même. La chambre noire est une simple boîte de cuivre cubique de un décimètre de côté ; elle peut contenir une glace de la dimension invariable de 0^m,06 de côté, et ne porte ni glace dépolie ni châssis mobile; l'objectif est calculé pour toutes distances plus grandes que dix pas jusqu'à l'infini; la chambre se trouve donc elle-même au point depuis les premiers plans jusqu'à l'horizon et sans déformation sensible; la distance focale invariable est de 10 centimètres. Comme on ne peut observer l'image focale qui est aérienne, on place au-dessus de la boîte, quand on veut travailler, une petite alidade munie d'un niveau et formée d'une mire et d'un cadre avec une croisée de fils. On peut ainsi vérifier d'un coup d'œil la verticalité de l'appareil et l'image

qu'on doit obtenir sur la glace sensible; cette image comprend tout le paysage qu'enferme le cadre quand on regarde par l'œilleton de la mire, et elle se produit avec une netteté parfaite qui permet, si l'on veut, une amplification de 100 à 500 fois en surface. Enfin la chambre se monte sur un pied qui se replie en un volume insignifiant; mais ce qui rend ces appareils précieux dans bien des cas, c'est, outre leur petit volume, le laboratoire portatif qui y est joint. Ce laboratoire est formé par une boîte d'une quarantaine de centimètres de côté ayant une face en verre jaune et une autre percée d'un trou avec une manche noire, par lequel peuvent se faire les manipulations. Nous n'entrerons pas dans la description des détails de cet ingénieux petit laboratoire qui, pour le transport, renferme la chambre, les produits chimiques et tous les accessoires nécessaires pour tirer un assez grand nombre d'épreuves. Il suffit d'avoir indiqué son existence pour en montrer toute l'utilité; il y a deux modèles de laboratoires, l'un pour le cas où l'on emploie le collodion humide, l'autre pour le cas du collodion sec.

M. Bertsch construit aussi des chambres automatiques pour opérer exclusivement à sec et qui exemptent alors de toute espèce de laboratoire; mais nous n'avons pas vu de modèle de ce genre.

Nous verrons plus tard qu'on peut avoir intérêt à obtenir des vues stéréoscopiques; la chambre automatique double est le meilleur appareil qu'on puisse

employer dans ce cas : il se compose simplement de deux chambres automatiques accouplées et supprime ainsi l'inconvénient d'avoir à faire deux opérations successives pour produire une épreuve stéréoscopique, inconvénient très-sensible lorsqu'avec une lumière et un temps variable, il faut compter quelques minutes de préparation entre les deux épreuves. La chambre double permet de les prendre, en même temps, sur une seule glace de 6 × 13 centimètres. Le tirage stéréoscopique se pratique ensuite directement et d'un seul coup sur le double négatif, à l'aide de l'appareil complémentaire appelé par M. Bertsch *chambre positive à stéréoscope*. Cet appareil se compose d'une petite caisse oblongue divisée, suivant sa longueur, par un diaphragme en deux portions dont chacune contient dans son milieu, fermé par un second diaphragme, un système optique redresseur et amplifiant; chacune des extrémités de la caisse se termine par un châssis négatif : dans l'un se place le double négatif de la chambre automatique et dans l'autre une glace sensible de la dimension stéréoscopique ordinaire. On obtient ainsi un double positif sur verre, d'une grande finesse et d'une grande netteté, qui donne immédiatement une photographie stéréoscopique sur verre; si l'on veut avoir des épreuves sur papier, on commencera par faire un double petit positif sur verre, par superposition, on en déduira un ou plusieurs négatifs doubles agrandis qui serviront au tirage des épreuves. Les vues sté-

réoscopiques obtenues avec cet appareil ont, sur toutes les autres, de grands avantages; on peut en effet faire des vues pour stéréoscope avec un seul objectif ou avec deux objectifs.

Quand on emploie un seul objectif prenant les deux épreuves l'une après l'autre, il faut faire l'épreuve droite sur le côté gauche de la glace et réciproquement; il résulte de là que dans le stéréoscope on voit avec l'œil droit ce que dans la réalité on aurait vu avec le gauche et inversement, phénomène qui n'est pas aussi indifférent qu'on pourrait le croire pour la vérité du relief.

Quand au contraire on opère avec deux objectifs, il faut couper ensuite la glace pour transposer les images afin de n'avoir pas les horizons plus rapprochés que les premiers plans et des creux à la place des reliefs. L'inconvénient de voir d'un œil ce que dans la nature on aurait vu de l'autre, n'en subsiste pas moins : enfin, dans les deux cas, par suite de la dimension trop grande des négatifs, on voit dans le stéréoscope comme on verrait dans la nature si nos yeux étaient beaucoup plus écartés qu'ils ne le sont réellement : il résulte de ces différentes causes d'erreur que l'effet peut être tellement exagéré que l'image stéréoscopique semblera composée de plans successifs de carton, sans épaisseur, à peu près comme les coulisses d'un théâtre. Si au contraire on emploie la chambre automatique double et le tirage à la chambre positive à stéréoscope, l'effet produit,

comme on le voit immédiatement, se trouvera exactement le même que dans la nature, puisque par la construction de l'instrument on a les deux vues à l'écartement moyen des pupilles auquel nous avons l'habitude de rapporter le relief et que, d'autre part, l'image stéréoscopique droite ou gauche est bien l'image reçue dans la nature par l'œil droit ou gauche. On obtient donc ainsi dans le stéréoscope le même sentiment de relief que celui qu'on éprouve en voyant la nature. Rien n'égale l'effet pittoresque et la vérité des vues stéréoscopiques obtenues par ce nouveau procédé qui joint ainsi, à sa grande simplicité, des avantages incontestables et très-remarquables de précision. Le grand nombre de vues qu'il nous a été donné d'examiner chez l'inventeur, nous a laissé l'intime conviction de la supériorité bien constatée de cet appareil sur tous les autres, car c'était la première fois qu'avec un stéréoscope nous éprouvions véritablement la sensation du relief : tout s'y trouve d'une netteté et d'une vigueur de ton parfaitement harmonisée avec la distance, depuis les horizons jusqu'aux premiers plans qui se détachent les uns des autres en suivant une loi bien continue, tandis que généralement il n'y a pas de transition entre les premiers plans et les lointains : en d'autres termes, M. Bertsch a trouvé le moyen de reproduire les plans moyens avec la même netteté que les plans extrêmes, et sans rien sacrifier de ceux-ci : c'est évidemment là un grand progrès ; joignez à cela la

modicité des prix de ces appareils et il ne sera pas difficile de se convaincre que, s'ils sont aujourd'hui presque indispensables au voyageur, ils peuvent aussi rendre de grands services dans les reconnaissances militaires. En effet la chambre double avec son laboratoire portatif et la chambre positive coûtent 300 fr. Aussi la marine a-t-elle adopté ces petits appareils en principe, et dès 1860 la chambre automatique avait déjà été essayée avec succès à l'école régimentaire du génie, à Metz.

Enfin, pour citer un nom qui jouit d'une certaine notoriété, nous dirons que le colonel Langlois a dessiné tout son panorama de Solferino au moyen d'épreuves prises à la chambre automatique ; et il a affirmé que, comparativement aux procédés ordinaires, celui-là, tout en assurant l'exactitude de ses perspectives, lui avait économisé dix-huit mois de travail et 10,000 fr. de dépenses. En déduisant ce qu'il y a sans doute d'un peu exagéré dans cette appréciation, il n'en restera pas moins acquis qu'on peut dans certaines circonstances données tirer un parti très-avantageux de l'emploi de ces petits appareils.

APPAREIL DUBRONI.

Tous les appareils dont nous avons parlé exigent de la part de celui qui les manie une certaine dose de connaissances photographiques, des manipulations plus ou moins minutieuses et enfin, par-dessus tout,

l'emploi d'un laboratoire; aujourd'hui que tout le monde veut être un peu photographe, c'était là autant d'inconvénients très-sérieux, souvent même autant d'impossibilités; comment en effet installer un laboratoire dans un petit appartement coquet, dans un salon orné de riches tapis, sans craindre de tout endommager par les réactifs qu'on ne peut pas s'empêcher de répandre un peu?

Un de nos camarades d'école, qui depuis longtemps s'occupait de photographie, a résolu ce difficile problème de supprimer toute espèce de laboratoire et la malpropreté qui en accompagne forcément l'emploi. Son appareil peut être employé par les personnes les plus étrangères à l'art du photographe au bout de quelques minutes d'instruction : aussi tous ces avantages font-ils que l'appareil Dubroni, inventé pour les gens du monde, est en même temps l'appareil militaire par excellence, ce que n'avait peut-être pas prévu l'inventeur.

L'appareil se compose d'une chambre-ballon en verre jaune enfermée dans une boîte en bois; ce ballon est percé de deux trous correspondant l'un à l'objectif, et l'autre à la glace sensible : lorsque celle-ci est en place, elle ferme hermétiquement l'ouverture correspondante. On introduit alors dans cette chambre en verre jaune les bains photographiques, au moyen de petites pipettes en caoutchouc très-faciles à manier, à travers un petit trou percé dans la paroi supérieure ; et la chambre noire devient elle-même

un vrai laboratoire; on peut, dès lors, sans autre appareil que la chambre obscure, opérer en plein air, dans un salon, en voyage et dans toutes les circonstances possibles. A l'appareil se trouve jointe une boîte renfermant des glaces, du papier photographique, des bains préparés dans des flacons avec les entonnoirs et pipettes nécessaires; enfin un pied léger permet de mettre l'appareil en station partout où on le juge convenable. La modicité du prix de ces appareils les met à la portée de tout le monde, puisque pour 40 fr. on peut avoir un petit appareil avec tous ses accessoires : mais ce modèle est trop petit pour l'objet qui nous occupe, bien qu'il soit susceptible de donner des vues pouvant supporter le grandissement. Il sera en tout cas préférable, pour un travail topographique, d'employer le grand appareil demi-plaque du prix de 200 fr. avec tous ses accessoires. La distance focale est de 15 centimètres, ce qui, d'après les expériences de M. Carette, suffit pour donner au levé une exactitude convenable. Les dimensions de la boîte la rendent encore très-facilement maniable et transportable, puisqu'elle a environ 30 centimètres de côté sur 15 de profondeur. Si on veut l'employer pour paysage, la mise au point se fait une fois pour toutes, on n'a donc pas à s'en occuper, et les opérations en marchent d'autant plus vite. Quant à la manipulation, elle est aussi simple que possible: la glace étant nettoyée et collodionnée comme à l'ordinaire et l'appareil mis en

station, on place la glace le côté collodionné en dedans et on ferme la porte de la boîte aussitôt après. On prend avec la pipette à virole bleue le bain d'argent dans le flacon et on l'introduit à fond dans l'appareil, mais avec précaution, pour éviter les éclaboussures; on renverse l'appareil, l'objectif en dessus, pour sensibiliser la glace, puis on reprend le bain d'argent avec la pipette et on le remet dans son flacon. Quand le cliché est fait, et sans ouvrir l'appareil, pour révéler l'image qui est à l'état latent, on emploie le bain de fer avec la pipette à virole rouge exactement comme on a fait pour le bain d'argent; puis on lave deux ou trois fois la glace avec de l'eau pure au moyen de la même pipette. On peut alors ouvrir l'appareil à la lumière diffuse ou à l'ombre et regarder le cliché par transparence en mettant l'œil dans l'objectif comme dans une lorgnette, pour juger de sa valeur : s'il est bon, on le place dans la boîte à glaces jusqu'au soir, si l'on est en voyage et qu'on n'ait pas une grande quantité d'eau à sa disposition. Il suffit ensuite de nettoyer l'appareil avec quelques gouttes d'alcool et du papier de soie, pour qu'il soit prêt à recommencer une nouvelle épreuve. Quand on est rentré le soir, on fixe l'image à l'hyposulfite et on lave le cliché à grande eau, puis on le laisse sécher et on le vernit; pour abréger les opérations, le tirage se fait sur papier bleu, ce qui dispense d'employer des bains de tirage et de fixage; il suffit de plonger l'épreuve pendant une demi-heure dans un

verre d'eau jusqu'à ce que les blancs soient venus.

On comprend facilement l'avantage de ce procédé au point de vue pratique et rapide; quant à la teinte bleue des épreuves, elle est ici sans inconvénient, puisqu'on n'a pas pour but de faire des photographies artistiques, mais seulement des renseignements graphiques. Cependant, si l'on voulait avoir des épreuves noires, on pourrait se munir d'un petit nécessaire spécial construit par M. Dubroni pour obtenir ce genre d'images.

Les épreuves nombreuses qu'on peut voir tous les jours chez M. Dubroni, montrent que malgré sa simplicité, l'appareil donne des résultats plus que suffisants pour pouvoir exécuter un levé. Le champ de ces épreuves est d'au moins 30°, et leur netteté, sans être absolue, est cependant très-convenable; quant à la distance à laquelle il est possible d'opérer, elle peut facilement atteindre les limites que nous avons assignées : nous avons en effet vu chez l'inventeur différentes vues, entre autres une du lac d'Enghien, dans laquelle des détails situés à plus de 1000 mètres de la station étaient encore assez nets pour qu'il n'y eût pas d'erreur possible. Sur notre demande, M. Dubroni, qui n'avait jamais songé à cette nouvelle application de son appareil, envoya un de ses photographes, avec son appareil demi-plaque, prendre une vue d'un fort des environs de Paris : l'opération fut faite par un temps très-sombre et pluvieux; dans ces conditions défavorables, le photographe, qui ignorait

ce qu'on voulait faire, ne crut pas devoir se placer plus loin que 400 mètres du mur d'enceinte du fort ; il obtint ainsi un cliché qui ne pouvait pas donner une belle épreuve photographique à cause de sa teinte grise, mais était cependant parfaitement net et lisible : c'est évidemment là tout ce que nous cherchons; malheureusement ce cliché fut cassé au retour et il nous est impossible d'en produire un positif à l'appui de nos assertions. Quoi qu'il en soit, il est facile de tirer de là qu'on opérerait sans peine à une distance beaucoup plus grande : à 400 mètres en effet la plaque comprenait un peu plus qu'un front du fort, et la caserne y formait une image de deux centimètres de largeur. A mesure qu'on aurait éloigné l'appareil, cette image serait allée en diminuant, et on comprend qu'on peut la réduire à des dimensions cinq et six fois plus petites, sans que sa position cesse pour cela d'être exactement repérée. Voyons donc suivant quelle loi l'image d'un objet diminue à mesure qu'on s'en éloigne : Soit O le point de station (*pl.* 2, *fig.* 2) et AB l'objet ; comme l'objet AB est toujours très-petit par rapport à la distance OB, si nous décrivons un cercle avec OA pour rayon, le point C se confondra sensiblement avec le point B, et si nous nous plaçons en station en O′, la distance de l'appareil à l'objet sera doublée, tandis que l'angle visuel O′ sera juste la moitié de l'angle visuel O. Ainsi, quand la distance devient 2, 4, 8 fois plus grande, l'angle visuel devient 2, 4, 8 fois plus petit :

mais à cause de la petitesse de ces angles , ils sont proportionnels à leurs sinus; ces derniers décroissent donc de la même manière, et ils ne sont autre chose que les images de l'objet aux différentes distances ; ainsi donc en se portant à 1,600 mètres, la caserne eût encore formé une image de 5 millimètres environ, ce qui eût été plus que suffisant.

On peut facilement démontrer le même principe géométriquement. En effet, l'image se forme à une distance constante f des points O et O′ et on a dans les deux cas les rapports

$$\frac{ab}{AB}=\frac{f}{OB} \qquad \frac{a'b'}{AB}=\frac{f}{O'B};$$

d'où l'on tire le rapport des deux images

$$\frac{a'b'}{ab}=\frac{OB}{O'B}.$$

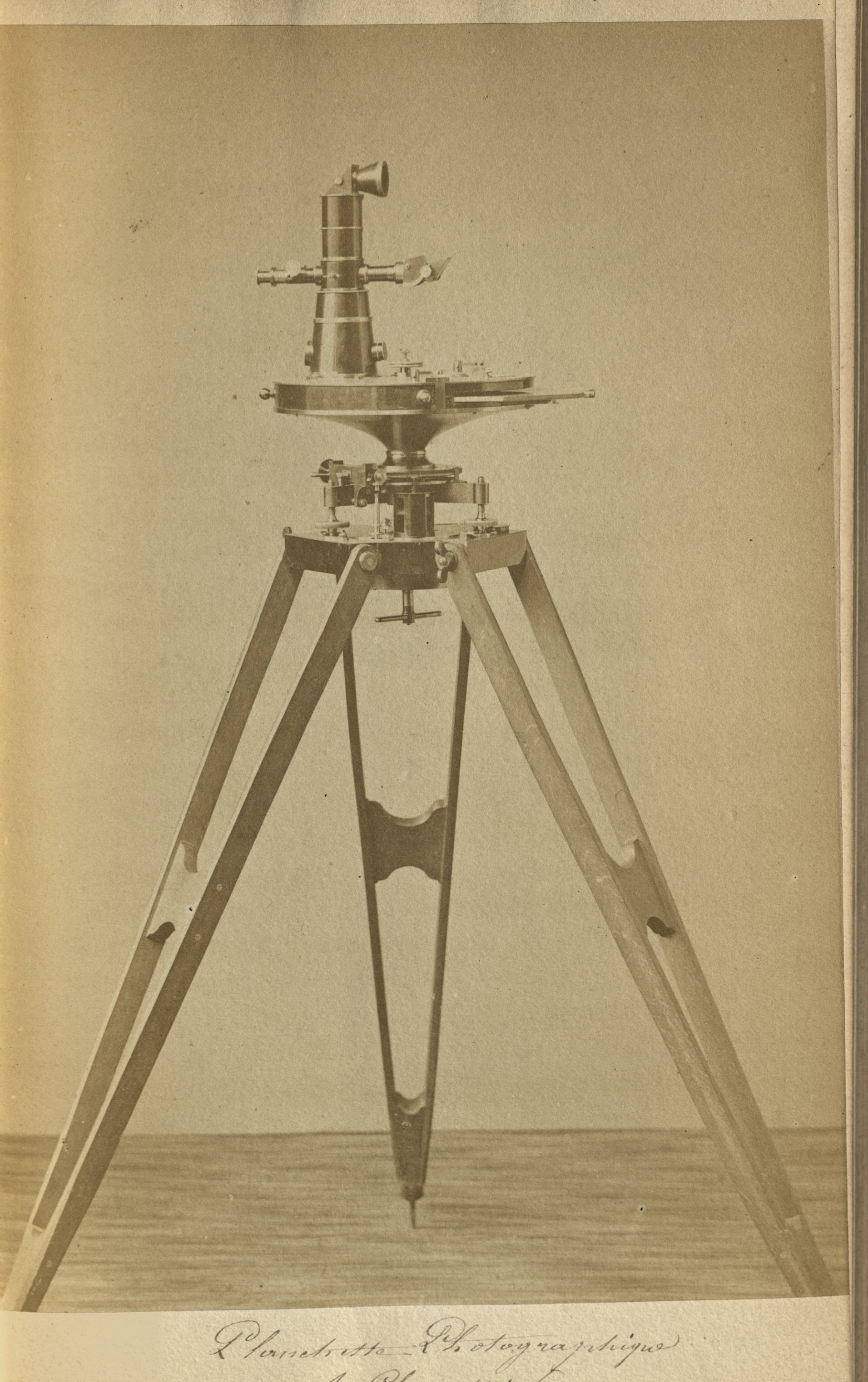
Il résulte de là que l'image varie en raison inverse de la distance de l'objet, si la distance focale reste constante, ce qui est très-sensiblement vrai : la netteté est aussi suffisante, comme on peut s'en convaincre en regardant les photographies obtenues avec l'instrument.

Cet appareil réalise donc de très-heureuses conditions au point de vue d'un emploi commode et rapide en plein air, sans pour cela trop sacrifier de la netteté et de la profondeur de l'image. Si on veut l'employer à faire des levés, il faudra y ajouter, comme nous l'avons dit en parlant des appareils photographiques ordinaires, un petit niveau, un instrument

goniométrique simple et un système de repérage sur les épreuves pour les plans horizontal et vertical de l'axe optique : tout cela peut se faire sans difficulté, et nous n'en parlons que pour mémoire.

PLANCHETTE PHOTOGRAPHIQUE DE M. A. CHEVALLIER.

Les instruments de précision, dont se servent les géomètres, sont d'une délicatesse de maniement dont ceux-là seulement qui s'en servent pour des opérations géodésiques soignées peuvent se faire une idée : une pratique longue, une minutieuse attention sont nécessaires pour éviter les causes si nombreuses d'erreurs. La planchette photographique de M. Chevallier les évite toutes, car c'est le soleil lui-même qui se fait géomètre et enregistre automatiquement les données du levé ; mais il ne faut plus ici s'attendre à trouver des vues de paysage plus ou moins réussies, dont on tire à grand'peine quelques données pour un canevas géodésique. Pour obtenir un résultat rapide et commode, il fallait laisser le pittoresque de côté, n'enregistrer dans les paysages que les rapports essentiels, nécessaires pour la construction du plan, c'est-à-dire les formes et les positions relatives des signaux naturels ou artificiels ; il fallait donc transformer l'image négative en planchette, et conserver, par un procédé mécanique et purement automatique, tous les avantages de cet instrument si élémentaire, mais qui est en dernière analyse l'in-



Planchette Photographique
A. Chevallier

strument capital du topographe. Il a sans doute été aisé de songer à la photographie pour reproduire le panorama d'un horizon; ce qui l'était beaucoup moins, c'était de donner à la planchette photographique tous les avantages de la planchette ordinaire : M. Chevallier a franchi heureusement ce pas difficile et important.

D'autres opérateurs, principalement Martens et Garella, avaient déjà démontré qu'un objectif animé d'un mouvement de rotation peut produire un panorama sans en confondre les images par leur superposition ; mais leurs appareils, très-bons dans certains cas, n'étaient pas pratiques pour la topographie. Nous avons vu d'autre part combien les appareils photographiques ordinaires donnent encore un travail long et minutieux : l'appareil Chevallier au contraire, applicable dans les mêmes cas que la chambre noire ordinaire, résout d'une façon nouvelle et complète la question, en donnant à la fois sur l'image le point de station, les orientements des signaux et les différences de niveau; de telle sorte que l'image, sans aucune construction géométrique auxiliaire, serve directement à la construction du plan.

De l'appareil.

Dès 1858 M. Chevallier soumettait à l'examen de la société d'encouragement un premier appareil qui donnait déjà des résultats satisfaisants et qu'il n'a cessé de perfectionner depuis cette époque. Nous

n'étudierons pas les diverses transformations par lesquelles l'appareil a passé, transformations sans importance du reste pour nous, puisqu'elles n'ont porté que sur la forme pour ainsi dire extérieure de l'instrument, sans jamais faire varier le principe sur lequel il repose : nous décrirons seulement celui que nous avons eu entre les mains et avec lequel nous avons opéré au polygone de Satory.

La chambre noire, réduite aux dimensions strictement suffisantes pour recevoir un châssis mobile ordinaire, est placée horizontalement ; sa face supérieure est formée par un plateau circulaire mobile dans une double rainure et armé d'un cercle divisé formant engrenage sur la tranche. Cet engrenage est apparent par deux petites ouvertures aux extrémités d'un même diamètre, et est commandé en ces deux points par des vis sans fin qu'on peut embrayer ou désembrayer à volonté; l'une est conduite par un mouvement d'horlogerie très-simple et permet de donner ainsi au plateau un mouvement de rotation sensiblement uniforme; l'autre, qu'on manœuvre à la main, sert de vis de rappel pour placer le plateau dans une position exactement repérée d'avance : à cet effet un vernier muni d'une vis de pression, se trouve en regard du limbe divisé. Le plateau porte, extérieurement à son axe de rotation, un tube qui renferme le système objectif : celui-ci se compose d'un prisme à réflexion totale dont les arêtes sont horizontales et d'une lentille : un cône noirci placé en

avant du prisme limite à l'inclinaison convenable les faisceaux lumineux qu'il reçoit. Cette disposition permet, comme le montre la figure 1, pl. 3, de recueillir l'image sur une glace horizontale, sensibilisée par les procédés photographiques ordinaires et placée dans le châssis mobile. Enfin le plateau porte une pointe qu'on abaisse à volonté et qui marque sur la glace le centre de rotation ; un petit niveau sphérique sert à assurer l'horizontalité de la chambre noire ; par construction l'axe optique de la lentille doit alors être vertical , et il est en même temps perpendiculaire à la face horizontale du prisme qu'on peut remplacer par un miroir à 45°. Le tube porte à sa partie supérieure une équerre d'arpenteur pour placer l'appareil dans une direction déterminée. Les fenêtres sont percées dans le plan passant par l'axe optique et l'axe de rotation, plan que j'appellerai le *plan principal;* elles peuvent être fermées par des verres jaunes ou par une virole mobile. A la partie inférieure, le tube est fermé par un écran qu'on peut changer à volonté suivant la manière dont on opère : si l'on opère par *secteurs fixes*, on emploie un écran ayant l'ouverture et la forme des secteurs qu'on veut obtenir ; il limite la dimension des images sur la glace sensible et les empêche de s'étendre au delà du centre de rotation. Cet écran porte un réticule dont un fil est dirigé suivant un rayon du plateau tournant, et l'autre est perpendiculaire au premier : leur croisée se trouve sur l'axe optique ; ils donnent donc sur

l'image, puisque l'écran est très-rapproché de la glace sensible, les traces du plan principal et du plan horizontal qui passe par l'axe optique du prisme. J'appelle, pour abréger, axe optique du prisme, l'horizontale du plan principal qui rencontre le prisme au même point que l'axe optique de l'objectif : ces deux axes sont donc réciproquement l'image l'un de l'autre par rapport au prisme. Si l'on opère par *mouvement continu*, l'ouverture de l'écran, qui a toujours la forme d'un secteur, est réduite à un degré ou en mesure à un millimètre à la circonférence : le fil du plan principal est supprimé. Quoiqu'il soit plus sûr de laisser le second fil, on peut aussi le supprimer, parce que, par construction, l'axe optique est juste au milieu du rayon de la surface impressionnée, et que par suite on peut retrouver la place qu'eût occupée son image. Enfin l'appareil se met en station au moyen de trois vis calantes sur un trépied léger qui se replie en un très-petit volume.

Opération par secteurs fixes.

Théorie du levé.

L'appareil étant en station, supposons qu'au moyen de l'équerre portée par le tube on vise un signal naturel ou artificiel : on obtiendra alors sur la plaque sensible l'image de ce signal, et des objets qui se trouvent dans son voisinage et sont compris dans le secteur laissé libre par l'écran ; l'image du signal

sera recouverte par celle du crin placé dans le plan principal : si l'on fait ensuite tourner l'instrument de manière à l'amener dans la direction d'un autre signal, la plaque sensible étant restée fixe, il est bien évident que l'angle des deux signaux avec la station sera tout tracé sur l'épreuve par la double image du crin principal ; l'autre crin donne en même temps, sur les deux images, la trace du plan horizontal de l'axe optique du prisme. On comprend dès lors comment, avec deux images faites aux extrémités d'une base mesurée, on relèvera tous les points visibles de cette base, avec toutes les données nécessaires pour les reporter sur le plan et calculer leur cote : les points ainsi déterminés serviront à leur tour de stations secondaires, et ainsi de suite.

Mais les images ainsi obtenues, comme toutes celles données par les lentilles, ne sont pas des perspectives exactes ; de sorte que les distances angulaires se trouvent un peu altérées pour tous les points qui ne sont pas recoupés par le crin principal. Cependant la portion centrale jusqu'à 10° les donne avec une approximation reconnue suffisante pour tous les instruments d'optique. En resserrant assez les limites du secteur-écran, on retranche donc de l'image les parties inexactes, et on peut négliger complétement les corrections aux bords, qui sont plus petites que les erreurs graphiques inévitables dans la construction du plan. Il est du reste inutile de pointer très-exactement les signaux, leur image

se trouvant toujours dans le secteur très-voisine du crin principal : elle n'en a donc pas moins son orientement vrai relativement aux autres signaux successivement relevés ; c'est là une propriété précieuse de l'appareil pour la rapidité des opérations.

Le calcul de l'angle de deux objets reproduits dans le même secteur est du reste très-simple ; il a évidemment pour mesure le rapport entre la distance des objets sur l'image et la distance focale correspondante : si AB sont deux points situés dans un secteur de 10°, et VV', HH', les images des deux crins (*pl.* 1, *fig.* 1), le point A fait, avec le plan principal, un angle mesuré par $\frac{Aa}{ao}$, *ao* étant la distance focale ; de même B fera un angle mesuré par $\frac{Bb}{bo'}$; mais les distances *ao* et *bo'* sont égales, et l'angle visuel des deux points, qui est la somme de ces deux angles, est donc mesuré par $\frac{AB'}{ao} = \frac{Aa + Bb}{f}$.

Nous avons donné d'un coup tout ce que nous voulions dire sur l'opération par *secteurs fixes*, afin de n'avoir plus à y revenir ; ce procédé en effet ne présente que peu d'intérêt, puisqu'en somme il rentre à peu près dans le procédé des appareils ordinaires ; il en laisse du reste subsister presque tous les inconvénients pour les opérations graphiques ultérieures, le signal étant seul, dans chaque secteur, obtenu sur le papier par un simple rayonnement du point de station. On comprend

du reste le grand intérêt qu'il y a à obtenir ainsi directement le plus grand nombre de points possible. C'est l'immense avantage du procédé par *mouvement continu* qui nous occupera seul désormais, sans que nous ayons besoin de l'indiquer.

Procédé par mouvement continu.

Planimétrie.

Comme nous venons de le voir, le secteur rétréci n'est pas une perspective rigoureusement exacte ; mais s'il se rétrécit indéfiniment, la différence entre l'image et la perspective exacte diminue elle-même indéfiniment. De plus, si dans un mouvement continu de l'objectif on laissait à l'écran l'ouverture qu'on donne pour opérer par secteurs, les images se superposeraient et il serait impossible d'y distinguer quelque chose ; mais si en donnant ce mouvement continu, la plaque restant toujours fixe, nous réduisons l'ouverture de l'écran à n'être qu'une fente très-mince située dans le plan principal, la glace ne pourra à chaque instant recevoir que l'image des objets situés dans ce plan ; il n'y aura plus superposition, mais seulement continuité dans l'image. Le secteur très-petit passant successivement devant les objets en donnera l'impression successive, de manière à produire un tour complet, dans lequel tous les points font entre eux et le centre de rotation des angles rigoureusement égaux à ceux qu'on observe-

rait avec un théodolite placé au point de station.

Il va sans dire que, si dans un tour d'horizon certaines parties sont sans intérêt, on peut les passer sans inconvénient de manière à abréger le temps de pose ; pour cela il suffit de fermer l'objectif, de désembrayer le mouvement, d'amener à la main l'objectif dans la nouvelle direction, de rétablir le mouvement et d'ouvrir simultanément l'objectif. Par ce procédé on n'a donc pas d'erreur sur les angles réduits à l'horizon ; mais à cause de la forme du secteur, la déformation subsiste dans le sens vertical : c'est plutôt ici un avantage qu'un inconvénient ; d'abord d'une manière générale, à cause des faibles dimensions verticales des objets, il n'y a jamais intérêt à tenir compte des déformations dans ce sens ; mais d'autre part, ici où nous ne cherchons que des directions, elles seront d'autant plus sûres que la ligne qui les détermine sera elle-même plus longue.

Mais il ne faudrait pas s'attendre à voir des images telles qu'on les obtient par les procédés photographiques ordinaires ; par la manière même dont les images s'obtiennent avec l'appareil, toutes les verticales viennent converger au centre de rotation, puisqu'elles ne sont que les traces des positions successives du plan principal. Donc les lignes qui vont du centre à l'image des objets donnent les orientements vrais de ces objets, et le centre est un point de rayonnement dont on peut se servir immédiatement pour la construction du plan. Cependant il faut re-

marquer que les images portent, comme nous l'avons dit, la trace du plan horizontal de l'axe optique du prisme, et que sur chaque rayon le point de station viendra se peindre à une distance de cette trace égale à la distance focale principale ; il suffira alors de placer l'axe optique de l'objectif à cette distance de l'axe de rotation, pour que l'image du point de station coïncide avec le centre. Cette condition se trouve réalisée dans les appareils, de manière à éviter les déplacements qu'il faudrait sans cela faire subir à l'image suivant chaque direction dans la mise au trait du plan, et surtout le calcul de ces distances pour le nivellement. Avec l'appareil que nous avons décrit, l'objectif étant au-dessus de la glace et regardant le centre, le pied des verticales est dirigé vers ce même point; le même effet se produit avec l'objectif inférieur regardant la circonférence, comme dans un autre modèle d'appareil. On obtient alors les épreuves que M. le capitaine Paté a appelées *nadirales*, dans lesquelles le ciel est à la circonférence; avec une disposition inverse de l'objectif on obtiendrait des épreuves *zénithales* dans lesquelles le ciel serait au centre. Il est évident du reste que les unes et les autres jouissent exactement des mêmes propriétés ; cependant il y aura généralement avantage à employer les images nadirales ; d'abord elles représentent beaucoup mieux à l'œil l'ensemble du terrain, parce qu'elles se rapprochent davantage de l'impression naturelle de la vue ; mais de plus les objets

rapprochés de la station se peignent vers le centre et les objets éloignés vers la circonférence, chacun d'eux occupant exactement le secteur correspondant à l'angle qu'il soustend à l'horizon; comme les images sont d'autant plus petites que l'objet est plus éloigné, il y aura, pour ces deux raisons, avantage à placer l'image à l'endroit où le secteur est le plus large, c'est-à-dire vers la circonférence, puisque d'ailleurs les objets rapprochés seront toujours assez nettement reproduits; aussi malgré les nombreuses et violentes critiques que la convergence des verticales au centre a attirées à M. Chevallier, nous pensons que cette propriété de l'appareil est celle qui en fait le plus grand mérite.

D'après ce que nous avons dit, on comprend immédiatement que l'instrument est un véritable graphomètre photographique, qui enregistre avec une parfaite exactitude les angles des objets qu'il peut voir, angles qu'on peut ensuite mesurer sur l'image par tel procédé qu'on jugera le meilleur.

Par suite on voit qu'en faisant une opération à chaque extrémité d'une base mesurée, on aura tous les éléments nécessaires pour déterminer la position de tous les points vus à la fois des deux stations, mais on peut utiliser plus simplement les images obtenues pour dresser les plans et les faire servir directement à cette construction. Il suffit en effet de les appliquer sur la feuille de dessin, de manière que la distance des centres soit avec la distance réelle des

points de station dans le rapport de l'échelle du plan qu'on veut obtenir, et d'orienter convenablement les images. En menant alors des centres, dans la direction de chacun des points représentés à la fois sur les deux images, des lignes droites, l'intersection de celles-ci indiquera nécessairement la position des points sur le plan.

L'orientation des images sera du reste toujours facile ; car d'une extrémité de la base on verra toujours l'autre, ce qui suffira pour orienter les deux premières images ; l'orientation des autres s'en déduira immédiatement. On évite du reste les tâtonnements en indiquant sur chaque image la direction du nord magnétique ; pour cela on place une boussole à pinnules au point de station et on fait planter un jalon à une dizaine de pas dans la direction de l'aiguille ; ce jalon se peint alors sur l'image suivant un rayon qui donne l'orientation pour cette station. On conçoit que ce procédé permet d'obtenir exactement et rapidement un plan ; il reproduit en effet toutes les opérations sur le terrain du levé à la planchette, opérations toujours longues et sujettes à beaucoup de chances d'erreurs. C'est pourquoi M. Benoit a donné à l'instrument de M. Chevallier le nom de *planchette photographique*, nom qu'il a conservé depuis.

Nivellement.

L'appareil donnant suivant la verticale les mêmes

résultats que les instruments photographiques ordinaires, le nivellement se fera au moyen de nos images exactement comme avec les appareils ordinaires.

En effet, dans le mouvement continu, le fil perpendiculaire au plan principal trace sur l'image un cercle qui est la courbe de niveau des points à même hauteur que l'axe optique. C'est donc un plan de comparaison auquel on peut rapporter toutes les hauteurs : la hauteur d'un point au-dessus du plan d'horizon est connue par la distance du point à la station et l'angle visuel de ce point : la distance se lit sur le plan et la tangente de l'angle est égale au rapport de l'image à la distance focale ; la cote est donnée par la formule $x = md\frac{h}{f}$ dans laquelle f est la distance focale, $\frac{1}{m}$ l'échelle du plan, d la distance du point à la station mesurée sur le plan, h la hauteur au-dessus de l'horizon mesurée sur l'image.

La distance focale est du reste constante pour l'appareil dont la mise au point a été faite une fois pour toutes. Malheureusement à cause de la petite hauteur des images, le nivellement par ce moyen n'est pas d'une très-grande exactitude, inconvénient inhérent à tous les procédés photographiques; mais l'appareil qui nous occupe permet d'arriver à une bien plus grande précision. Plaçons en effet l'axe de rotation horizontal, la glace sensible devenant verticale, en un mot rabattons l'appareil; l'image

obtenue dans cette position sera telle que tous les points du plan de l'axe optique et de l'axe de rotation se projetteront à chaque instant sur le rayon qui passe par le pied de l'axe optique; l'angle formé par ce rayon et l'horizontale du centre de rotation, donne l'angle d'élévation de tous les points du plan des deux axes, dont on peut alors obtenir avec toute l'exactitude désirable la tengente, c'est-à-dire précisément la quantité $\frac{h}{l}$ qui est mal définie dans l'autre procédé.

Anamorphose des horizontales.

Nous avons dit que, dans la production des images, les points à hauteur du centre optique se projetaient sur un cercle, et par conséquent qu'une droite située dans le plan horizontal de ce centre se transformait en un cercle: il était curieux de savoir s'il en était de même d'une horizontale quelconque, ce qui avait de plus l'intérêt d'expliquer les formes bizarres des images qui étonnent un peu quand on les voit pour la première fois. Il est très-facile d'obtenir l'équation de l'image d'une horizontale donnée. Considérons en effet notre appareil en mouvement; à chaque instant le plan principal viendra rencontrer la droite, et à cet instant ce point seul de la droite donnera une image située dans ce même plan principal : nous pouvons du reste considérer seulement le miroir qui reçoit successivement chacun des faisceaux incidents ainsi déterminés, et négliger, pour le calcul,

l'objectif qui a pour seul effet de ramener le faisceau réfléchi correspondant à concourir en un point de la surface sensible : l'effet est donc le même que si le miroir existait seul, en le supposant réduit à un simple élément incliné à 45°, et que si chaque point de la droite envoyait un seul rayon à ce miroir dans le plan principal correspondant. Dans ces conditions, les rayons incidents formeront une certaine surface réglée dans laquelle chaque génératrice s'appuiera sur la droite, sur l'axe de rotation et sur le cercle décrit par le miroir. Si donc nous supposons l'axe de rotation confondu avec l'axe des Z, nous pourrons prendre pour les directrices les équations suivantes :

(*Pl.* 1, *fig.* 2.) $x^2+y^2=R^2$, $z=o.$ | $x=o$, $y=o.$ | $y=a$, $z=b.$

Si maintenant nous considérons une génératrice :

$$y=mx \qquad z=ny+q,$$

en exprimant qu'elle rencontre les trois directrices, nous obtiendrons l'équation de condition :

$$b=n\left(a-\frac{mR}{\sqrt{1+m^2}}\right) \text{ avec } \frac{nmR}{\sqrt{1+m^2}}+q=o.$$

Si entre ces quatre dernières équations nous éliminons les indéterminées m, n, q qui définissent une des génératrices, nous obtiendrons l'équation de la surface qu'elles engendrent sous la forme assez simple

$$(by-az)^2\ (x^2+y^2)=(b-z)^2\ R^2y^2.$$

Maintenant, pour obtenir l'anamorphose de l'hori-

zontale, il faut de cette surface déduire la surface réfléchie correspondante, dont l'anamorphose cherchée est une section horizontale.

Pour cela considérons une génératrice donnée par son angle ω avec le plan des XY et l'angle α de sa projection avec l'axe OX. Cette génératrice rencontre l'axe à une distance $d = \mathrm{R}\, \mathrm{tg}\, \omega$: Si d'autre part nous considérons les projections sur les autres plans de coordonnées, nous aurons (*pl.* 1, *fig.* 3)

$$d = p\, \mathrm{tg}.\, \omega' \qquad d = q\, \mathrm{tg}.\, \omega''$$

avec les relations

$$p = \mathrm{R} \cos.\, \alpha \qquad q = \mathrm{R} \sin.\, \alpha$$

qui donnent entre les coefficients angulaires les relations

$$\mathrm{tg}.\, \omega' = \frac{\mathrm{tg}.\, \omega}{\cos.\, \alpha} \qquad \mathrm{tg}.\, \omega'' = \frac{\mathrm{tg}.\, \omega}{\sin.\, \alpha}.$$

Dans la surface que nous venons de trouver on a donc

$$n = \mathrm{tg}.\, \omega'' = \frac{\mathrm{tg}.\, \omega}{\sin.\, \alpha}.$$

Mais à chaque génératrice de cette surface correspond une génératrice réfléchie qui a la même projection $y = mx$ et fait avec le plan un angle

$$\omega_1 = 90^\circ - \omega;$$

les équations seront donc

$$y = mx \qquad z = n'y + q.$$

Or, on a

$$n' = \mathrm{tg}.\, \omega''_1 = \frac{\mathrm{tg}.\, \omega_1}{\sin.\, \alpha} = \frac{1}{\mathrm{tg}.\, \omega \sin.\, \alpha} = \frac{1}{n \sin.^2 \alpha}.$$

D'autre part $m = \text{tg}\,\alpha$; il reste donc

$$n' = \frac{1+m^2}{nm^2}$$

et les équations de la génératrice deviennent

$$y = mx \qquad z = \frac{1+m^2}{nm^2}\,y + q \qquad (1),$$

les coefficients n et m étant toujours liés par la relation

$$b = n\left(a - \frac{m\mathrm{R}}{\sqrt{1+m^2}}\right) \qquad (2).$$

Cette relation, avec la condition de rencontrer les deux directrices qui sont le cercle et son axe, détermine complétement la génératrice ; les deux directrices sont donc

$$x^2 + y^2 = \mathrm{R}^2 \qquad x = o,$$
$$z = o \qquad y = o.$$

Si nous exprimons que la génératrice les rencontre, nous aurons l'équation de condition

$$\frac{\mathrm{R}\sqrt{1+m^2}}{nm} + q = o \qquad (3).$$

Enfin, en éliminant n, m, q entre (1) (2) (3), nous obtenons l'équation définitive de la surface réfléchie

$$a\,(x^2+y^2) - byz + \mathrm{R}^2 y = (a+y)\,\mathrm{R}\,\sqrt{x^2+y^2}.$$

En donnant dans cette équation à z une valeur numérique égale à la hauteur du miroir au-dessus de la glace sensible, on a une équation entre x et y qui est celle de l'image de la droite horizontale définie par

les paramètres a et b. Cette image anamorphosée est donc une courbe du quatrième degré : il serait assez difficile de la construire ; mais si nous remarquons que le binôme x^2+y^2 représente le carré d'un rayon vecteur, nous pouvons transformer l'équation en la suivante beaucoup plus simple :

$$a\rho^2 - (a+y)\,R\rho + (R^2 - bz)\,y = o \qquad \text{(A)},$$

qui n'est plus que du second degré : alors en donnant à y des valeurs numériques successivement croissantes, on aura facilement les valeurs correspondantes de ρ, et la courbe se trouve rapportée à un système de coordonnées formé par des droites parallèles et des cercles concentriques ; rien n'est donc plus simple que de la construire. Nous avons fait cette construction en introduisant dans l'équation les données de l'appareil

$$R = 0^m,1 \qquad z = -0,^m25\,;$$

et en donnant à a et b des valeurs moyennes

$$a = 100^m \qquad b = 10^m,$$

le rayon vecteur est alors déterminé par l'équation

$$\rho = 0^m,05 + 0,0005\,y \pm \frac{\sqrt{100 + 0,01\,y^2 - 1002\,y}}{200}$$

qui ne donne qu'une valeur pour ρ, le signe inférieur rendant toujours ρ plus petit que y (*pl.* 2, *fig.* 3). Pour avoir un point de la courbe il faut, en effet, que le cercle défini par ρ rencontre la droite correspondante définie par y, ou en d'autres termes qu'on ait $\rho > y$. Pour $y = o$, on a $\rho = R$, comme on pouvait le

prévoir, puisque les points de la droite situés à l'infini doivent former image sur le cercle d'horizon ; on voit aussi que sur l'axe des y, qui est un axe de symétrie de la courbe, la tangente sera perpendiculaire à cet axe; on aura donc $y=\rho$: cette condition, introduite dans l'équation, (A) donne

$$\rho=\frac{aR-R^2-bz}{a-R}.$$

On aura donc des points de la courbe pour les valeurs positives de y croissantes de O à cette quantité comme le montre l'épure : on voit que cette courbe est tout entière dans le cercle d'horizon; cela doit être en effet, puisque la droite est supérieure à ce plan et que le calcul est fait dans l'hypothèse d'une image zénithale. Si maintenant nous donnions à y des valeurs négatives, nous aurions la seconde moitié de la courbe, qui ici est virtuelle et donne une simple solution géométrique de la question : mais il est facile de voir que cette moitié est précisément l'image nadirale de la même droite (*pl.* 1, *fig.* 4). En effet le miroir étant, comme nous l'avons supposé, dans la position *m n*, l'image virtuelle est donnée par le prolongement MC du rayon réfléchi MB quand l'axe est entre la droite et le miroir : tandis que si le miroir a la position *m'n'* correspondant aux épreuves nadirales, l'image est réelle et donnée par le rayon réfléchi lui-même MC.

Si dans l'équation de la courbe nous changeons y en $-y$, nous trouverons de même que la plus grande

valeur qu'on puisse donner à cette variable est celle qui la rend égale à ρ et dans ce cas on obtient de même

$$\rho = \frac{R^2 + aR - bz}{a + R},$$

qui dans le cas particulier où nous nous sommes placé correspond à $y = \rho = 0{,}12597....$

Cette seconde moitié a été obtenue par un procédé plus simple que nous allons expliquer (*pl.* 1, *fig.* 5).

Soit AB la droite horizontale et A'B' sa projection sur le plan du cercle; considérons un rayon incident CM et le rayon réfléchi correspondant MD; ces deux rayons font le même angle ω, l'un avec la trace du plan principal, l'autre avec la verticale perpendiculaire à cette trace; la série de ces verticales correspondant aux divers rayons, forme un cylindre dont la section droite est précisément le cercle directeur: on voit donc que, si l'on coupe par un plan horizontal le cylindre et la surface réfléchie, l'intersection de cette dernière se déduira du cercle en augmentant chacun de ses rayons d'une quantité δ facile à calculer: en effet, les triangles semblables CEM et DFM nous donnent (*pl.* 1, *fig.* 5)

$$\frac{\delta}{z} = \frac{b}{d};$$

et si a est la plus courte distance de la droite à l'axe, le triangle EOB' donne $R + d = \frac{a}{\cos. \alpha}$ et par conséquent

$$\delta = \frac{bz}{\frac{a}{\cos. \alpha} - R}.$$

Comme le rayon vecteur de la courbe est égal à $R+\delta$, on a pour l'équation de cette courbe

$$\rho=R+\frac{\frac{bz}{a}\cos.\alpha}{1-\frac{R}{a}\cos.\alpha}.$$

Cette équation ne nous apprend rien de nouveau, puisqu'elle ne diffère pas de celle que nous avons obtenue ; mais, sous cette forme, on peut en tirer une construction géométrique de la courbe qui, sans être rigoureusement exacte, est pourtant très-suffisamment approchée : remarquons que le terme $\frac{R}{a}\cos.\alpha$ est très-petit, puisque R est très-petit par rapport à a, et que $\cos.\alpha$ est toujours plus petit que l'unité : si donc nous négligeons ce terme, il restera

$$\rho=R+\frac{bz}{a}\cos.\alpha\,;$$

c'est-à-dire qu'on obtiendra la courbe en prolongeant de la quantité R tous les rayons vecteurs du cercle

$$\rho'=\frac{bz}{a}\cos.\alpha$$

qui passe à l'origine, et dont le diamètre, égal a $\frac{bz}{a}$, est dirigé suivant la plus courte distance de la droite.

C'est ainsi qu'on a tracé la seconde moitié de la courbe extérieure au cercle d'horizon, et l'on voit qu'elle se raccorde suffisamment bien avec la première moitié tracée par les procédés exacts.

Pour en finir avec cette question, il est quelques

cas particuliers où l'image prend une forme simple qu'on peut déterminer *à priori*; il est donc bon, pour s'assurer de l'exactitude des calculs, de vérifier si les équations obtenues satisfont à ces cas particuliers. Nous reprendrons pour cela notre équation primitive

$$a(x^2+y^2)+R^2y-byz=(a+y)\,R\sqrt{x^2+y^2}.$$

1° Si la droite est à l'infini, sa hauteur apparente au-dessus de l'horizon devient nulle; elle doit donc se projeter sur le cercle d'horizon. En effet si nous faisons $a=\infty$ après avoir préalablement divisé par a, il restera

$$x^2+y^2=R^2.$$

2° Si la droite passe au point de station, elle sera tout entière dans un plan principal; elle devra donc se projeter sur un rayon : dans ce cas on a $a=o$, et il reste

$$(R^4+b^2z^2-2bz)\,y^2=y^2\,(x^2+y^2),$$

qui se décompose en $y=o$

et $$R^4+b^2z^2-2bz=x^2+y^2.$$

La première solution est la solution photographique de la question : la seconde est purement géométrique, puisqu'elle donne un cône droit qui a son sommet sur l'axe et pour directrice le cercle : il est donné par la réflexion des génératrices du cône incident qui a son sommet à la rencontre de la droite et de l'axe.

3° Enfin si la droite est dans le plan du cercle,

son image doit être le cercle d'horizon. Si nous faisons $b = o$, il reste

$$[a^2 (x^2 + y^2) - R^2 y^2] (x^2 + y^2 - R^2) = o,$$

qui se décompose encore en deux équations (*pl.* 1, *fig.* 6)

La première $x^2 + y^2 - R^2 = o$ est la solution photographique.

La seconde $a^2 (x^2 + y^2) - R^2 y^2 = o$ représente deux plans ; si $a < R$, ces deux plans sont ceux qui passent par l'axe et par les points d'intersection de la droite et du cercle, comme on pouvait le prévoir ; si $a = R$, ces deux plans se confondent en un seul passant par l'axe et normal à la droite ; enfin si $a > R$, les plans deviennent imaginaires et ne représentent plus qu'une solution purement algébrique introduite par le calcul, puisque la droite ne rencontre plus le cercle et que ces plans correspondent dans tous les cas aux intersections de la droite et du cercle.

Rien n'est donc plus facile maintenant que de se rendre compte des formes des images qu'on s'habitue bien vite à lire aussi couramment que si elles n'étaient pas anamorphosées. Le système de rayonnement direct du centre aux images des objets est du reste si simple et si commode, que l'œil s'y fait immédiatement et en profite pour retrouver facilement les différents points de l'image, ce qui est souvent assez pénible avec les épreuves photographiques ordinaires où la direction dans laquelle on doit rechercher un point n'est pas nettement indiquée.

Emploi de l'appareil et exécution du levé.

Si l'on a bien compris la petite description de l'appareil que nous avons donnée, on voit immédiatement comment on devra opérer pour exécuter un levé : entre deux points bien apparents, on mesurera une base aussi étendue que possible, et à chacune de ses extrémités on fera un tour d'horizon (*pl.* 3, *fig.* 3). Cette double opération donne la position d'un certain nombre d'autres points du premier ordre, et en même temps plusieurs points moins importants : aux points ainsi déterminés et jugés convenables on fera de nouveaux tours d'horizon; on obtiendra une nouvelle série de points, et, dans la plupart des cas, une vérification des points précédemment obtenus. Pour se mettre en station, l'opérateur doit prendre quelques précautions; il faut d'abord mettre avec un fil à plomb l'axe de rotation exactement au-dessus du point de station, puis à l'aide d'un niveau et des vis calantes, rendre l'axe bien vertical. Nous avons déjà dit plus haut comment l'orientement s'obtenait écrit sur l'épreuve au moyen de la boussole à pinnules. L'appareil doit du reste avoir une mise au point fixe : si cette condition n'est pas remplie, on met au point et on note la distance focale; on note de même le n° de la station et la hauteur du centre optique. Quand la glace est en place, on embraye l'engrenage avec le mouvement, on marque le centre et on lâche le mouvement en même temps qu'on ouvre l'objectif : la vi-

tesse du mouvement doit être réglée d'après l'état de la lumière au moment de l'opération ; il faut se garder de trop la diminuer, car alors les images perdent beaucoup en netteté; on peut admettre que le minimum, par un temps clair, doit être d'un tour complet en 12 minutes environ : on pourrait même marcher plus vite. On peut du reste, comme il est évident et suivant qu'il est nécessaire, faire des tours complets ou seulement des secteurs embrassant la partie utile de l'horizon. A mesure qu'on avance, les chances d'erreur diminuent, puisqu'on obtient chaque point avec un nombre de vérifications considérable, chaque station donnant la position exacte et mathématique de tous les objets qui se sont trouvés dans le champ optique de l'appareil. De plus, avec un peu d'habitude, on lit sur les épreuves la nature des matériaux employés dans les constructions, l'espèce des cultures, le relief du terrain, notions souvent fort utiles, et que les procédés ordinaires sont impuissants à enregistrer par eux-mêmes.

Opérations graphiques.

Les images négatives obtenues sur verre peuvent servir immédiatement à la construction du plan; pourtant il sera plus commode, lorsqu'on ne sera pas très-serré par le temps, d'en tirer des positifs sur papier qui serviront au dessinateur : on pourra même en tirer plusieurs et faire ainsi simultanément plusieurs exemplaires du même plan. Cependant il faut remar-

quer que, dans ces images positives, les positions relatives des objets sont inversées; il faut alors les cirer et les employer par transparence. On évite même ce petit inconvénient en impressionnant la couche de collodion sensible à travers la glace renversée, moyen qui rétablit la position des objets sans retard notable, comme nous l'avons fait à Satory.

Quand on a, sur son papier, tracé sa base à l'échelle, on place à chaque extrémité l'image correspondante en l'orientant convenablement; puis, par le centre de chaque épreuve, on mène des rayons passant par l'image des objets dessinés à la fois sur les deux épreuves, jusqu'à leur intersection qui est la position de l'objet sur le plan. On place ensuite une troisième épreuve et ainsi jusqu'à la fin. C'est exactement, on le voit, le procédé de la planchette ordinaire.

Erreurs de l'appareil.

Les erreurs de l'appareil sont celles de tout instrument d'optique employant des lentilles; mais les déformations sont détruites dans le sens horizontal, et subsistent seulement dans le sens vertical; toutefois, la comparaison d'images obtenues par secteurs fixes et par secteurs continus peut donner une mesure graphique et exacte de ces déformations à mesure qu'on s'éloigne du centre. La netteté des images est très-satisfaisante : la seule cause de confusion est la petite déviation angulaire que subit l'image d'une verticale à travers le secteur très-petit, déviation qui la

fait osciller à droite et à gauche de sa position vraie d'une quantité égale à la moitié du secteur; mais cette cause de flou s'efface complétement en diminuant assez le secteur et en le réduisant aux dimensions que nous lui avons assignées. Remarquons enfin que tout ce qu'on peut dire sur l'exactitude des indications et la portée de l'instrument, à propos de l'appareil du commandant Laussedat, peut se répéter ici textuellement. Ainsi l'instrument que nous avons employé à Satory n'ayant que $0^{m},20$ de distance focale, et cette distance représentant 1000 mètres, en supposant le plan à $\frac{1}{5000}$, on ne devait guère chercher à opérer à une distance supérieure à mille mètres; cependant quelques points ont pu être déterminés avec assez de précision jusqu'à une portée de 1800 mètres environ.

Comparaison aux appareils ordinaires.

Si nous comparons maintenant la *planchette photographique* aux *appareils photographiques ordinaires* employés au levé des plans, nous lui trouverons de très-sérieux avantages.

D'abord nous laisserons complétement de côté la question de la portée et de la netteté, qui n'est qu'une affaire d'objectif : à objectif égal les deux instruments jouissent à ce point de vue des mêmes propriétés, et on ne craint pas de trop s'avancer en affirmant ce fait, quand on compare aux épreuves ordi-

naires celles que nous avons obtenues par des temps sombres avec un mauvais petit objectif de 50 fr.

On sait qu'avec les appareils ordinaires on ne peut pas espérer fermer un tour d'horizon à plus de 4 à 5° près ; la planchette donne une fermeture rigoureuse dans tous les cas , et cela indépendamment de l'habileté de l'opérateur, si bien qu'opérant un jour dans la plaine de Longchamps, j'oubliai de fermer l'objectif à la fin du tour ; l'appareil continuant à marcher, le même secteur de 20° environ se superposa deux fois à lui-même, sans produire autre chose qu'un renforcement de l'image dans cet espace. Ce fait très-remarquable confirme une fois de plus l'excellence des orientements fournis par l'appareil, sans compter l'immense avantage de n'avoir pas à se préoccuper des angles dont tourne l'objectif, source d'erreurs fréquentes et toujours difficiles à réparer.

La question de temps suffirait seule à assurer à la planchette photographique une supériorité incontestable : toutes les fois que nous avons opéré, en arrivant sur le terrain nous avons mis un peu moins d'une heure pour préparer la plaque, faire le tour d'horizon, développer et fixer l'image négative. On peut admettre que le même temps est nécessaire pour obtenir, avec un appareil ordinaire, un simple secteur de 30°, puisque la seule différence est le temps de pose, qui pour nous ne dépasse jamais dix minutes: on mettrait donc dix heures au minimum pour faire un tour d'horizon que nous faisons en une

heure, en supposant même que, sur ce grand nombre d'épreuves, aucune ne soit manquée, ce qui sera rare. On aura de plus couru bien des chances d'erreurs d'orientation contre lesquelles nous sommes complétement à l'abri ; la conclusion est aussi simple que logique, et nous nous dispenserons de la tirer.

Si maintenant nous passons du terrain à la rédaction graphique, nous trouvons des avantages encore plus marqués peut-être. Tout le monde sait combien il est gênant de travailler sur de très-grandes feuilles de papier : or, avec les épreuves ordinaires il faut placer le point de vue sur la feuille, et si la distance focale est de 50 centimètres, comme dans le grand appareil du commandant Laussedat, on voit où cela peut conduire ; les images de la planchette se placent à la station même ; elles n'exigent donc pas d'augmentation dans les dimensions de la feuille nécessaire à la rédaction du plan. Quant à la manière d'obtenir les points dans l'un et l'autre système, la comparaison des deux procédés permet de se convaincre immédiatement qu'elle est aussi simple et rapide dans l'un que longue et compliquée dans l'autre.

On peut, à l'appui de tout ceci, citer quelques chiffres. M. le capitaine Richard, du génie de la garde, a fait avec l'appareil Laussedat un levé dans la vallée du Buc et a bien voulu nous communiquer ses observations : nous avons, de notre côté, fait le levé du polygone de Satory. Le tableau suivant permet d'établir facilement la comparaison :

Vallée du Buc.

Etendue. . . . , . . .	900ᵐ sur 500ᵐ.
Nombre de glaces.	17
Préparer les glaces	3ʰ
Sur le terrain	18ʰ
Tirer les épreuves	18ʰ
Coller, tracer les lignes d'horizon, etc..	3ʰ
Construire le plan	40ʰ
Temps total.	82ʰ

Polygone de Satory.

Etendue.	2,800ᵐ sur 500ᵐ
Nombre de glaces.	10
Préparer les glaces.	2ʰ
Sur le terrain.	10ʰ
Tirer les épreuves.	10ʰ
Glacer les épreuves.	1ʰ
Construire le plan.	20ʰ
Temps total.	43ʰ

On pourrait encore abréger ce temps en employant le papier albuminé pour la surface sensible; on obtiendrait alors, suivant le temps de pose, des positifs ou des négatifs sur papier qu'on pourrait utiliser immédiatement pour la construction du plan. On conçoit du reste qu'on peut tout aussi bien employer une épreuve négative qu'une épreuve positive; ce n'est pas là une difficulté, pas plus que de transformer les images en véritables rapporteurs, comme quelques personnes le désirent. Il suffirait pour cela d'avoir sur les glaces une division en degrés correspondant au cercle d'horizon par exemple; cette division se reproduirait sur les positifs obtenus avec cette glace : comme on n'emploie qu'un nombre très-restreint de glaces, on pourrait se payer cette fantaisie si elle avait quelque utilité.

Comparaison à la planchette ordinaire.

Les instruments généralement employés pour les levés de quelque étendue sont la boussole et la

planchette ; en ce qui concerne la boussole, l'appareil de M. Chevallier sera préférable, toutes les fois qu'en une station il s'agira d'avoir plus de deux ou trois directions. En effet le levé à la boussole consiste à mesurer les angles faits par les objets dont on veut connaître la position avec le méridien magnétique de la station ; or, nos épreuves étant orientées comme nous l'avons dit, l'emploi de la planchette photographique revient, si l'on veut, à l'emploi de la boussole, mais avec cet immense avantage de donner en une seule opération la direction de tous les points visibles de la station, sans erreur possible de lecture ou d'écriture, puisqu'on n'a déterminé qu'une fois la position de l'aiguille.

Si nous comparons maintenant l'appareil de M. Chevallier à la planchette ordinaire, nous verrons que le mode d'emploi des deux instruments est exactement le même ; seulement le procédé photographique présente de grands avantages. Dans l'usage de la planchette, il faut tracer avec un soin extrême les lignes déliées qui notent la direction de chaque signal intéressant ; il faut ensuite écrire le nom de chaque objet relevé, ou si on l'ignore, ainsi qu'il arrive si souvent en voyage, il est indispensable de faire après coup un croquis de chaque signal noté, afin de le reconnaître à la prochaine station où l'on ira établir sa planchette. On sent déjà que l'emploi de la photographie dispense de faire ces croquis, où des fautes d'attention et même des illusions de l'observateur

peuvent altérer fatalement des détails essentiels. D'ailleurs ces croquis exigent un temps très-notable, bien égal au moins à celui nécessaire pour exécuter le tour d'horizon photographique. Ce n'est pas tout : la planchette ne peut suffire au relèvement de plusieurs objets très-voisins, sans introduire de la confusion dans le travail, et on ne s'y retrouve facilement qu'à la condition d'avoir seulement un petit nombre de directions à chaque station. La planchette photographique empêche toute erreur de visée et permet de prendre de chaque point autant de directions qu'il y en a d'apparentes, puisqu'on obtient, sur le tour d'horizon, l'image complète de tous les points visibles : elle empêche de même toute omission, chaque signal s'inscrivant automatiquement, malgré l'ignorance ou l'inattention du topographe : on ne saurait trop insister sur cet immense avantage des tours d'horizon photographiques. Ils en présentent encore un autre : par un phénomène psychologique qu'on voit malheureusement se reproduire souvent dans la pratique, l'observateur fait parfois dans la lecture d'un arc divisé une erreur ronde de 10′ à 20′ et même de 10° à 20° ; l'usage de la planchette photographique rend impossibles de pareilles erreurs, qu'il est ordinairement fort difficile de reconnaître et surtout de corriger après coup.

L'exactitude des visées photographiques est pour ainsi dire indéfinie : les images en effet, étant recueillies par une lentille, sont bien celles qu'on ver-

rait dans une lunette de même distance focale : la chambre noire n'est donc en somme qu'une lunette photographique, et la planchette n'atteindra la même précision qu'en employant des lunettes pour viseurs, au lieu des instruments grossiers dont on se sert ordinairement. Mais de plus, la photographie exagère toujours les ombres et les demi-teintes, le passage de l'ombre à la lumière étant toujours plus dur sur l'image que dans la nature : on aura donc plus de netteté dans la détermination des arêtes d'angles, des lignes brillantes, des ombres : donc, à grossissement égal, la photographie donnera plus de précision encore.

Enfin, si nous passons au nivellement, chaque image donne du même coup la position et la cote des points, tandis que la planchette exige pour chaque point deux visées donnant, l'une la direction et l'autre l'inclinaison. Cependant nous avons vu qu'il était préférable pour l'exactitude de faire aussi une double opération photographique; avec deux appareils la double opération peut se faire simultanément; et dans tous les cas, le nivellement est assez rapide, puisque l'appareil donne d'un coup le nivellement de toute la zone de terrain comprise dans le champ optique de l'objectif. Le nivellement dans ce cas est satisfaisant, puisqu'il permet de calculer ou de déterminer graphiquement la position des signaux comme on le ferait au moyen d'un théodolite ou d'une boussole de déclinaison, et suivant la remarque judicieuse

du commandant Benoit, l'ingénieux procédé de M. Chevallier n'exige pas, chez le topographe, d'autre connaissance spéciale que celle de la photographie. On le voit, cet instrument nouveau est né avec des conditions de vitalité remarquables; il élargit d'une façon inattendue le champ déjà si vaste des explorations photographiques et permet de l'appliquer utilement à la topographie, à la géodésie, à la géographie.

Plusieurs puissances se sont déjà émues des premiers succès obtenus; la Russie, toujours habile à s'approprier les idées de ses voisins, s'occupe d'acheter des appareils; et tandis qu'en Espagne le corps des ingénieurs hydrographes et le colonel du génie Valdès affirment hautement l'excellence de l'instrument, un de nos jeunes et savants camarades, M. le capitaine Paté, qui est allé promener dans les mers australes la fortune et le drapeau de la France, réclame à grands cris une planchette photographique pour faire les cartes de Mayotte et de Nossi-bé.

DEUXIÈME PARTIE.

APPLICATIONS MILITAIRES DE LA PHOTOGRAPHIE.

Maintenant que nous avons étudié, aussi bien que nous avons pu le faire avec le peu de connaissances préalables que nous avions du sujet, les divers appareils photographiques et les résultats qu'on doit attendre de leur emploi, il nous sera facile de nous rendre compte des avantages qu'on peut tirer de la photographie dans le service de la guerre. Si nous sommes quelquefois obligé de rester dans le domaine de la spéculation, nous avons aussi heureusement un certain nombre de faits à citer, et rien n'est éloquent comme un fait.

Pour nous autres artilleurs, la photographie est un moyen aussi sûr que commode de reproduction et d'investigation dans nos nombreuses expériences; il suffit d'indiquer cette application pour que tout le monde en saisisse l'importance, surtout ici à Versailles, où un laboratoire est convenablement installé et où il y a bien peu d'officiers qui n'aient eu recours à leurs camarades photographes pour le service des Commissions. Il suffirait d'ailleurs d'avoir vu l'album des batteries du camp de Châlons et des brèches de l'île d'Aix pour être convaincu de l'utilité du procédé que nous indiquons. Pour ne pas sortir de notre cadre, nous ne dirons rien non plus, malgré toute

notre bonne envie, de l'appareil du capitaine Florentin, pour l'étude du mouvement des projectiles rayés. Nous allons seulement esquisser les services que peut rendre la photographie comme instrument de topographie, soit dans les bureaux de la guerre, soit en campagne.

Il existe au ministère, section de l'état-major, un service photographique complétement organisé et fonctionnant régulièrement ; chaque jour il sort de ses ateliers des cartes et des plans en réduction. L'exécution, au point de vue de la netteté des épreuves, ne le cède en rien à celle que donnent les procédés pantographiques généralement en usage ; mais elle gagne prodigieusement en rapidité.

C'est ainsi que le capitaine de Milly a pu, par ordre du Ministre, prendre à Turin et reporter, en quelques semaines, à l'échelle de la carte de France, le comté de Nice et la Savoie levés à $\frac{1}{10000}$ par les ingénieurs piémontais. C'est ainsi encore que tout récemment, ce même officier ayant eu entre les mains, pour deux heures seulement, un des rares exemplaires de la carte du Mexique du général Scott, a pu fournir presque instantanément à l'état-major français cent cinquante épreuves de ce précieux document. Ce sont là des faits qu'il suffit de signaler pour en indiquer l'importance.

Si maintenant, sortant des bureaux de la guerre, nous entrons dans le service actif en campagne, nous trouvons la photographie dans celle de ses appli-

cations qui nous intéresse le plus ici, je veux dire le levé des terrains.

Photographie en campagne.

Au point de vue militaire, la topographie doit être envisagée sous deux aspects différents, d'abord pour la rapidité des procédés employés, ensuite pour la manière de représenter le terrain aux yeux de ceux qui sont appelés à lire les cartes. Un plan, quelque soigné qu'il soit, nous laisse toujours en face d'une abstraction embarrassante et qui renonce à exprimer la saillie des objets, maisons, arbres, etc., notions qui sont pourtant souvent indispensables pour un militaire. De plus les courbes horizontales et même les hachures rendent le modelé d'une façon suffisante pour quelqu'un qui a l'habitude de traduire ces signes ; mais que signifiera souvent tout ce grimoire pour nos camarades plus heureux que nous, qui, pendant longues années depuis leur sortie des écoles, ont manié plus souvent le fusil que le tire-ligne?

Pour tout le monde, les vues pittoresques prises de points convenablement choisis, faciliteront beaucoup la lecture des cartes en reproduisant la nature sous des aspects qui nous sont familiers ; mais ces vues sont difficiles à faire et demandent, pour supporter l'examen, de la part du dessinateur un certain talent artistique qui n'est pas l'apanage du grand nombre. Que l'officier chargé d'un levé emporte avec

lui un petit appareil photographique, il obtiendra facilement, tout en faisant le véritable travail topographique, un certain nombre de vues qui, jointes à sa carte, la compléteront et la remplaceront même tout à fait pour bien des gens. Les vues stéréoscopiques surtout peuvent être d'une grande utilité, à cause du sentiment exact qu'elles donnent des formes du terrain. Ces vues pourront même quelquefois remplacer des levés de reconnaissance rapide et donneront plus vite ce qu'un général en chef peut avoir intérêt à connaître, comme une position à occuper, un défilé, un village, des fortifications de campagne, etc. Bien des gens les préféreront à un plan; nous ne saurions trop insister sur ce point où la photographie peut rendre d'importants services. Les appareils Bertsch ou Dubroni, si faciles à transporter à cause de leur petite dimension, si commodes à employer, puisqu'ils n'ont pas de laboratoire, devraient faire partie du bagage de tout aide de camp.

La photographie sera surtout utile dans les expéditions lointaines, au milieu de pays dont la topographie est mal connue. Si en Chine, en Syrie, au Mexique, nous avions eu quelques photographes, les documents qu'ils auraient recueillis, d'une utilité évidente pendant la campagne, auraient eu en outre un immense intérêt dans l'avenir : aussi avons-nous vu le général de Montauban, dans son rapport sur la prise de Pékin, exprimer le vif regret de n'avoir pas

eu avec lui des photographes pour fixer, par l'héliographie, l'image des merveilles qui remplissaient le palais de l'empereur de Chine, merveilles que le feu allait détruire.

Levés de reconnaissance.

Si nous passons maintenant aux levés proprement dits, nous trouvons bien vite que la photographie ne présente pas d'avantage sérieux pour ceux-ci. Il sera en effet, pour les levés rapides et d'une exactitude médiocre, bien plus commode d'emporter avec soi une simple petite planchette avec une alidade nivelatrice, qu'un appareil photographique quel qu'il soit. Cette seule raison les exclut d'une manière presque absolue. Avec sa planchette, l'opérateur, à mesure qu'il parcourt son terrain, relève ses points remarquables avec leurs cotes ; il peut alors tracer ses courbes sur place et figurer son terrain *de visu*, grand avantage quand on est obligé de faire beaucoup à l'œil. Il rentrera donc au camp avec son dessin presque terminé. Le photographe, à peu près dans le même temps, fera toutes les vues qui lui seront nécessaires ; mais il lui restera alors un dessin à exécuter. De plus le nivellement sera plus long à faire, puisque l'alidade le donne tout fait. Le levé photographique, à la vérité, sera plus exact; mais ici, entre deux procédés suffisamment exacts, le meilleur est incontestablement le plus rapide. Cependant, si le levé avait une grande étendue, nous n'hésitons pas

à affirmer qu'il y aurait avantage à employer les procédés photographiques dans les conditions suivantes : se servir d'un appareil facile à transporter et à manier, qui donne des images immédiatement applicables à la rédaction du plan, et se borner à relever, par un très-petit nombre de stations, les points les plus importants ; en un mot, faire une sorte de grande triangulation exacte quoique rapide et intercaler ensuite tout le reste par les procédés les plus expéditifs. Un seul instrument nous paraît remplir ces conditions, c'est la *planchette photographique*. Si, comme nous ne doutons pas qu'il soit facile de le faire, on adapte à l'appareil un objectif télescopique afin d'obtenir nettement les images des points très-éloignés, en même temps qu'on opérerait au collodion sec, la planchette photographique serait un instrument aussi parfait que possible pour ces opérations. C'est à peu près dans ces conditions que nous avons voulu opérer au polygone de Satory ; nous n'avons pas cherché à faire un plan complet, mais seulement un canevas exact, rapidement exécuté et pouvant servir de base à une opération plus complète ; nous sommes simplement parti de deux bornes de la route kilométrée comme base, et de ces deux stations nous avons déterminé un certain nombre de points remarquables où nous avons exécuté d'autres tours d'horizon. On pourrait sans doute faire plus en les multipliant ; mais la chose ne serait plus pratique, et nous avons voulu seulement nous rendre compte de ce qu'on pouvait

utilement faire; c'est ce qui nous a permis de formuler plus haut nettement notre opinion. Mais il est toujours imprudent de louer un procédé nouveau, sans tâcher de prévoir et de juger ses défauts. On ne manquera pas de nous faire tout d'abord l'objection que souvent les circonstances atmosphériques empêcheront d'opérer; mais la chambre noire étant en somme une véritable lunette, jouit des avantages et des inconvénients de cette dernière, et il est plus que probable que, le jour où l'état du ciel ne permettra pas d'opérer photographiquement, il sera bien difficile de se promener avec une planchette ou tout autre instrument. Nous insistons du reste sur ce point qu'il ne s'agit pas d'obtenir des photographies artistiques, mais de simples épreuves indiquant des directions; pour cela les images les plus grises, les moins bien réussies photographiquement parlant, seront encore suffisantes, et on peut les obtenir à peu près par tous les temps.

La lenteur des reproductions est sans doute aussi un inconvénient, car elle fait perdre tout le travail qu'on pourrait exécuter la nuit, si l'on était très-pressé; mais peut-être parviendra-t-on à tirer les positifs à la lumière du magnésium, dont on annonce depuis quelque temps les merveilleux effets. Dans tous les cas, on se mettra à l'abri de ce retard en opérant, comme nous l'avons dit, au papier sec ciré. Ce procédé manque un peu de finesse et exige plus de pose; mais ces inconvénients sont peu sérieux, et

après tout ils ne sont pas irrémédiables; comme le procedé peut être très-avantageux dans les opérations militaires, c'est à nous à le perfectionner.

Une objection plus sérieuse se tire de la difficulté d'obtenir une eau pure pour les lavages dans les contrées lointaines, où les levés rapides seraient en même temps les plus précieux. On se rappelle, à cet égard, l'exclamation mélancoliquement poétique de ce photographe aux abois sur la lisière du Sahara: « Phœbus, disait-il, me prodiguait tous ses dons, mais les Naïades me faisaient défaut. » Aux sinistres prédictions de ceux qui voudraient généraliser un malheur, probablement rare, nous répondrons que nous ne sommes pas assez photographe nous-même pour trancher toute la difficulté. Il y a sans doute encore beaucoup de détails à étudier pour la commodité du photographe en expédition, et jusqu'ici on ne s'est pas préoccupé d'économiser l'eau en la dosant; mais l'art de la photographie a vaincu des difficultés bien autrement graves, et nous avons la confiance qu'il suffit d'énoncer celle-ci pour en voir naître l'heureuse solution.

Levés exacts.

Pour les levés rapides, la photographie ne devra être employée qu'exceptionnellement et avec discernement. Mais nous avons dit aussi que ce procédé était d'une grande exactitude que ne pouvait pas atteindre la planchette, et qui n'était dépassée que par

les instruments géodésiques les plus parfaits. La photographie devra donc être employée pour les levés exacts et le procédé sera d'autant plus avantageux que le terrain à lever sera plus étendu, car alors on marchera plus vite qu'avec une planchette ou une boussole, à cause des nombreux recoupements qu'on obtient d'un même coup. Avec la planchette, on s'embrouille rapidement dans les nombreuses lignes qu'il faut tracer, ou bien on s'astreint à faire un grand nombre de stations, ce qui est très-long. Avec la boussole, on a bien vite un carnet très-volumineux; puis l'usage du rapporteur est long et délicat et exige un quadrillage très-soigné de la feuille du dessin. Le procédé photographique est exempt de ces défauts et de plus rend les erreurs accidentelles rares et faciles à réparer. Les épreuves en effet reproduisent l'aspect de terrain, et on y retrouve facilement les objets ; les autres procédés ne guident pas ainsi le souvenir, et si on a oublié les formes du terrain, si on a commis une erreur sur l'indication d'un signal, on se trouve fort empêché, souvent même on est obligé de retourner à la station.

Dans la carrière militaire, le levé des places fortes est à peu près le seul cas où l'on ait besoin d'une grande exactitude.

Levé des places fortes.

C'est donc surtout dans le levé des places fortes que la photographie est appelée à jouer un rôle important pour nous.

Si nous nous supposons d'abord en temps de paix, on opérera à loisir en choisissant convenablement ses stations partout où l'on voudra, jusque sur la fortification même. Ce cas ne présente donc pas de difficulté, puisqu'on pourra s'installer à son aise et procéder à sa guise ; on obtiendra alors, rapidement et très-exactement, à la fois la planimétrie et le nivellement. C'est ainsi qu'ont opéré, à Arras, les officiers du 2e régiment du génie, et en particulier M. Paté, pour lever un front de la citadelle au moyen de deux tours d'horizon pris des bastions latéraux avec la planchette photographique. L'opération fut faite par secteurs fixes de 5° et par mouvement continu ; les deux résultats furent identiques, et le dessin exécuté avec ces données a fourni un plan complétement d'accord avec le plan très-exact de l'école régimentaire.

Mais en temps de siége la chose n'est plus si facile ; il faut en effet opérer en plein jour et faire des stations assez longues en vue de la place ; on sera donc obligé de se reculer jusqu'à 2,000 mètres environ, car sans cela il est bien probable que l'instrument serait vite démoli par le canon : de là nécessité d'un appareil télescopique ; mais même sans son secours la planimétrie s'exécutera avec succès, tandis que le nivellement laissera forcément à désirer. On aura sans doute de la peine à obtenir les commandements des ouvrages les uns sur les autres ; mais il faut reconnaître qu'aucun autre instrument topographique ne les donnerait plus exactement à cette distance, et

qu'en somme, au début d'un siége, il importe plus de connaître la direction des faces d'un ouvrage que leur hauteur. De plus, le plan directeur embrasse toujours une zone fort étendue ; nous retrouvons donc ici l'avantage d'abréger les opérations sur le terrain, avantage très-sérieux dans ces circonstances où le topographe devient vite le point de mire des boulets de la place. Une partie des inconvénients que nous avons signalés disparaît, puisqu'on peut s'installer dans les bureaux du parc, et on gagne l'avantage de pouvoir rédiger simultanément le plan directeur en plusieurs expéditions ; de sorte qu'on peut le remettre en même temps entre les mains du général en chef et des commandants de l'artillerie et du génie.

Par une bonne journée un photographe peut parcourir une base de 15 à 20 kilomètres et prendre 8 ou 10 épreuves, en admettant, comme nous l'avons vérifié à Satory, une heure par station, transport et pose compris ; encore faut-il remarquer qu'à chaque station nous développions et fixions l'épreuve obtenue. En remettant une partie de ces opérations à un autre moment, on accélérerait beaucoup la marche. Nous aurions donc en un jour une base très-exacte et assez de vues pour en déduire tout le côté des attaques : car à 2,000 mètres une épreuve de 30° de champ seulement, embrasse un front de plus de 1000 mètres. Un jour suffira pour tirer, virer et fixer les épreuves qui, ne devant pas être conservées indéfiniment, pourront être employées après un court lavage à l'eau

chaude. Pendant cette journée donnée à un simple travail de laboratoire, les topographes rapporteront la base sur la planchette et pourront lever les détails accessibles; le troisième jour le plan pourra être mis au net. On aura donc en trois jours un plan directeur suffisamment exact et détaillé, puis on continuera à loisir le levé du voisinage, ce premier travail étant déjà assez complet pour arrêter les idées du chef d'attaque.

Nous avons déjà parlé des levés de M. Carette; le procédé photographique a aussi été appliqué avec succès par les officiers du génie de la garde aux plans directeurs pour les simulacres de siége du Mont-Valérien et de la place de Soissons. Devant cette dernière place, la brigade photographique était dirigée par le lieutenant Marcille : il employa l'appareil Laussedat avec des plaques au collodion sec préparées depuis deux mois, condition fort utile en campagne et dont il était bon de s'assurer, pour pouvoir employer dans un cas urgent des plaques préparées depuis longtemps. Tout le bagage photographique pesait 200 kilos : il était fragile, embarrassant et encombrant; mais, à vrai dire, les instruments de la brigade topographique l'étaient au moins autant. Enfin tout arriva à Soissons à bon port, malgré la brusquerie bien connue des facteurs de chemins de fer, et le levé fut commencé à jour fixe et simultanément avec la brigade topographique. Les plans directeurs faits par chaque brigade furent terminés en

même temps, et le plan photographique se trouva d'une remarquable exactitude. Nous ne craignons pas d'avancer qu'on eût gagné moitié du temps en employant la planchette photographique ; car, outre qu'on eût fait moins de stations, le travail graphique eût été certainement deux fois plus rapide sans rien sacrifier de l'exactitude.

On nous objectera peut-être, contre cette dernière assertion, que, tandis que l'appareil ordinaire détermine les points au moyen de longues lignes de visée, la planchette photographique donne un panorama contenu dans un cercle qui n'a guère que 10 centimètres de rayon. C'est à l'expérience à montrer la valeur de cette objection; mais il est évident qu'on peut la lever en partie en agrandissant tout l'appareil, jusqu'à ce terme d'exactitude que la science est presque toujours impuissante à poser d'avance et qui, dans tous les instruments, ne se résout bien que par les longs tâtonnements de la pratique. Faute d'indications plus précises, nous pouvons cependant dire que les plans d'Arras, de Longchamps et de Satory, obtenus avec un appareil dont les glaces n'ont que dix centimètres de rayon, ne laissent rien à désirer.

Donc, dans toute reconnaissance de place où on pourra voir les escarpes en se plaçant à 2000 mètres environ, la photographie donnera le tracé de l'enceinte et des ouvrages revêtus plus exactement et plus rapidement que tout autre moyen.

Pour que les levés photographiques soient d'une

véritable utilité, nous ne voudrions pas les voir exécuter par un petit nombre d'officiers spécialistes, habitués aux opérations photographiques et familiarisés avec les tours de main du laboratoire. D'abord il faut longtemps pour acquérir une certaine habileté ; il faudrait donc, pour leur permettre de faire cette étude, dispenser ces officiers de leur service régulier, ce qui est toujours une mauvaise chose; puis on serait obligé d'avoir toujours ces mêmes officiers sous la main, au risque d'être pris au dépourvu, le jour où ils viendraient à manquer, ce qui est pis encore. Nous voudrions donc qu'au moment où une campagne va s'ouvrir, le premier officier venu fût choisi et désigné : huit jours lui suffiraient avec un bon manuel pour se mettre au courant des opérations de laboratoire et se trouver en état de rendre les services qu'on attend de lui. On trouvera certainement aujourd'hui dans tous les corps des officiers bons photographes; mais en campagne ils n'auront pas toujours le temps et les moyens d'apporter tous les soins désirables à leurs opérations, ni surtout de les faire toutes eux-mêmes. Ils devront donc souvent laisser la besogne à des camarades moins habiles et même à de simples aides. L'expérience a été faite à Versailles, et a parfaitement réussi. En huit jours deux sapeurs du génie ont été suffisamment exercés à tout le travail de laboratoire proprement dit, pour seconder M. Marcille dans le levé de la place de Soissons. Non-seulement ils savaient nettoyer les glaces, collodionner , développer,

fixer les négatifs et tirer des positifs, mais ils auraient même pu, au besoin, faire quelques vues passables.

Conclusions.

En résumé, dans les reconnaissances militaires, la photographie sera d'une grande utilité aux officiers chargés de ces opérations ; elle leur permettra de remplacer avantageusement, par un dessin scrupuleusement exact et rapidement pris, les croquis de fidélité toujours douteuse qui doivent accompagner ces levés. Pour cet objet les appareils de Bertsch et de Dubroni jouissent d'une supériorité incontestable.

Pour les levés d'une grande étendue, surtout pour l'attaque des places, la photographie, plus exacte que les autres procédés, l'emporte encore par la rapidité de l'exécution ; elle permet, avant l'ouverture de la tranchée, de connaître la direction des crêtes et de la reporter sur le terrain par le procédé inverse. Dès lors l'artillerie connaît l'emplacement de ses batteries plongeantes, et pare à l'opération toujours délicate du prolongement des faces d'ouvrage. Mais, pour ces levés, nous rejetterons d'une manière absolue les appareils photographiques ordinaires qui sont d'un emploi long, minutieux et incommode sur le terrain, tout en condamnant ensuite le topographe à un travail de restitution aussi pénible que fastidieux; la *planchette photographique,* au contraire, sa-

tisfait merveilleusement aux exigences de la question. L'appareil, excellent dans le principe même de sa construction, a sans doute besoin encore de quelques perfectionnements pour atteindre de très-longues portées avec une netteté suffisante, tout en simplifiant le plus possible les manipulations photographiques : aussi, en considérant la planchette et l'appareil Dubroni, ces deux instruments si remarquables, nous nous sommes demandé si on ne pourrait pas construire un appareil qui réunirait les avantages des deux systèmes; d'accord avec les deux inventeurs, nous nous proposons de faire construire un type de ce genre, qui, s'il réussissait, serait le véritable instrument militaire dans l'état actuel de la question. Deux hommes transporteraient facilement tout le bagage dans leur sac, l'un portant la chambre noire et l'objectif dans le sac et le mouvement dessus, comme la gamelle; l'autre portant dans le sac la boîte à glaces et à réactifs, et le pied replié placé comme les piquets de tente. Il ne faudrait pas croire pourtant que nous faisons ici de la pure utopie en parlant de la photographie en campagne. L'Amérique est entrée avant nous dans cette voie : à l'état-major des armées belligérantes étaient attachés des ballonnistes, des télégraphistes, des photographes, etc., comme le raconte M. Ferdinand Lecomte, colonel fédéral suisse, témoin oculaire de cette interminable campagne. Le même officier rapporte aussi les services rendus à Mac-Clellan par un ballon

d'observation pendant la bataille de Fair-Oaks, le 31 mai. Qui pourrait prévoir les résultats que donnerait la photographie employée du haut de cet observatoire d'un nouveau genre, si la chose est possible, comme Nadar prétend l'avoir expérimentée ?

Sans vouloir aspirer si haut, rappelons, en finissant, que dès 1861 une décision ministérielle a sanctionné l'utilité de la photographie au point de vue militaire, tout en ne proposant pas d'autre instrument que la chambre noire ordinaire : aujourd'hui un nouvel appareil nous donne des éléments de mesure aussi exacts que simples, en ne perdant aucune des propriétés du premier. Ce n'est pas dans une nation militaire comme la France qu'il sera besoin de faire longtemps appel à l'attention des gens compétents pour que la *planchette photographique* soit proposée comme type des instruments de *photo-topographie militaire*. Que M. Chevallier trouve là une première récompense de ses persévérants efforts et de ses longs sacrifices; et que notre France, toujours fière à bon droit des travaux de ses enfants, soit la première à profiter de cette belle invention !

Versailles, 25 mars 1866.

Pl. 3.

Cercle d'horizon

0,074747

0,070
0,065
0,060
0,055
0,050
0,045
0,040
0,035
0,030
0,025
0,020
0,015
0,010
0,005

0,0772
0,0795
0,0816
0,835
0,853
0,0870
0,0887
0,0903
0,0918
0,0933
0,0947
0,0961
0,0974
0,0987

R = 0,7

5-0,025

R.

Cercle d'horizon

Pl. 2

Fig. 2

A a a' b' b O' O B C

Fig. 3

Fig. 1

fig. 1

V b a A B B' H H' O' O V'

fig. 3

Z O X B R a co co' c P Y

fig. 5

Z O a a M z co co' A' E B' b B Y O' A C F D

Pl. 1.

fig. 2

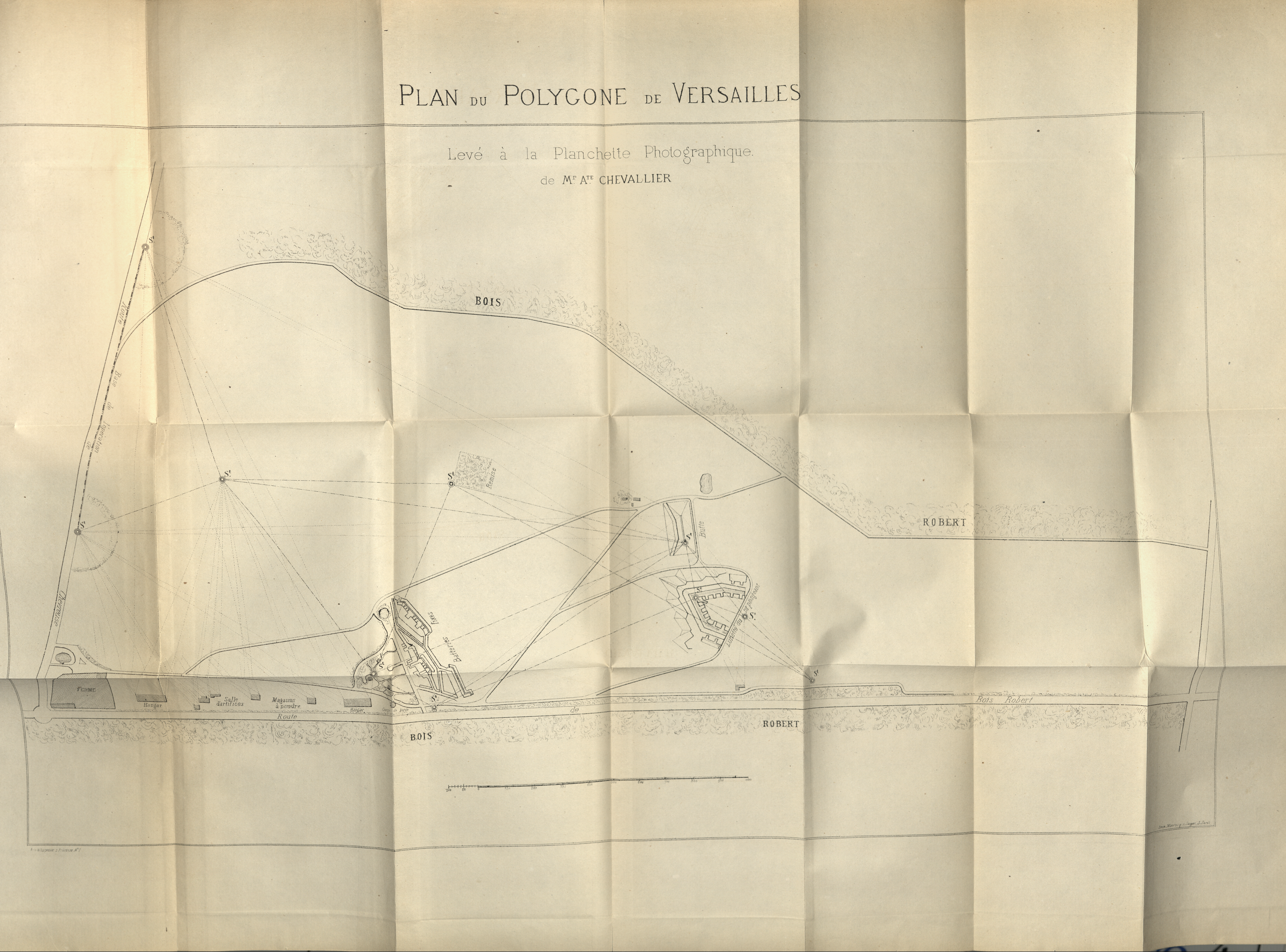
Z a M N A b O X B Y C

fig. 4

Z A a m m' H M X O n n' a C V'

fig. 6

Y A a R O


PLAN DU POLYGONE DE VERSAILLES
Levé à la Planchette Photographique.
de Mr Ate CHEVALLIER
BOIS
ROBERT
Remise
Butte
Batteries
Lunette du tir plongeant
FERME
Hangar
Salle d'artifices
Magasins à poudre
Hangar
Corps de garde
Route
de
Bois Robert
BOIS
ROBERT